

Anat.
75
70

1/30

Anat. 2^o

75^{ra} - 1

Treviranus

G. R.

Nicht mehr als Geist 1. asyrium.

M. 19. 4. 17
1804

Beiträge
z u r
Anatomie und Physiologie
d e r
Sinneswerkzeuge
d e s
Menschen und der Thiere.

V o n
Gottfried Reinhold Treviranus,

Doctor der Medicin und Professor der Medicin
und Mathematik in Bremen.



E r s t e s H e f t.

Beiträge zur Lehre von den Gesichtswerkzeugen und dem Sehen des Menschen
und der Thiere.

Mit vier Kupfertafeln.

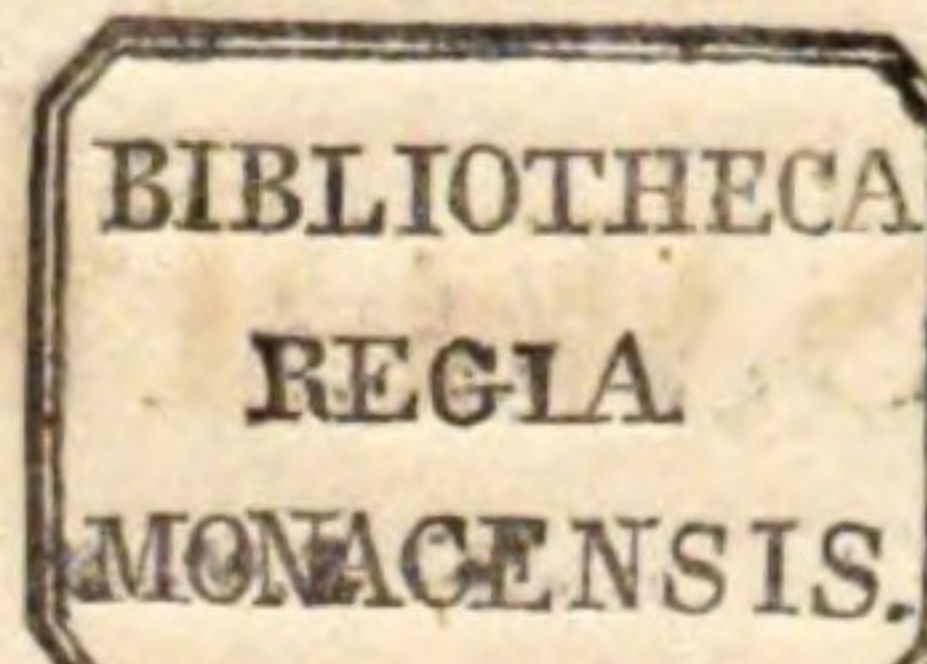
B R E M E N.

Druck und Verlag von Johann Georg Heyse.

1 8 2 8.

Beiträge

Anatomie und Physiologie



Stimmung

Beitrag zur Kenntniss der menschlichen Anatomie

Carl Friedrich Hermann

Lehrer der Anatomie an der Universität zu Bonn

1844

Verlag von Neumann, Neudamm

Preis 1 Thaler 10 Schillinge

Verlag von Neumann, Neudamm

Verlag von Neumann, Neudamm

Verlag von Neumann, Neudamm

Verlag von Neumann, Neudamm

Verlag von Neumann, Neudamm

B e i t r ä g e

z u r

Lehre von den Gesichtswerkzeugen

u n d d e m S e h e n

d e s

Menschen und der Thiere.

Vorerinnerungen.

Wer sich mit der Lehre vom Sehen mehr als oberflächlich beschäftigt, muß sehr bald zu der Einsicht gelangen, daß ohne eine genügende Bestimmung der Gesetze der Strahlenbrechungen im Auge sich nichts Gewisses darin ausmachen läßt. Da die Theorie dieser Refractionen ganz auf mathematischen Sätzen beruhet, so sollte man meinen, es könne nicht viel mehr darin zu thun seyn. Man überzeugt sich aber bald vom Gegentheile, wenn man näher mit ihr vertraut wird. Die Mathematiker, die darüber Untersuchungen anstellten, kannten meist das Auge nicht genug, und den meisten Anatomen und Physiologen fehlten hinreichende mathematische Kenntnisse, um tiefer in diesen Gegenstand eindringen zu können. Gaben doch, wie Kästner *) gezeigt hat, selbst Haller und Boerhaave große Blößen im Vortrage des optischen Theils der Physiologie des Gesichtorgans. Ich kann in keinem jener Fächer auf den Grad des Meisters Anspruch machen. Bei meinen biologischen Arbeiten wurden mir aber die Mängel der bisherigen Dioptrik des Auges so fühlbar, daß ich nicht umhin konnte, eine Revision dieser Lehre von ihren ersten Gründen an, soweit mein Wissen dazu hinreichte, vorzunehmen. Manches zeigte sich mir dabei von Seiten, wovon es noch nicht angesehen war, und Manches anders, als man es vorgestellt hatte. Indem ich die Resultate meiner Forschungen bekannt mache, hoffe ich, größere Analysten, als ich zu seyn mich rühmen darf, auf Punkte aufmerksam zu machen, worauf bisher nicht Rücksicht genommen wurde, und ihnen Stoff zu weitem Untersuchungen zu geben. Diese führen zwar auf verwickelte und mühsame Rechnungen. Sie sind indess nicht weitläufiger als manche andere, die man unternommen hat und unternimmt, um Fragen zu beantworten, mit welchen unser physisches und geistiges Wohl und Wehe weit weniger in Beziehung steht, als mit der Erkenntniß des Wirkens des edelsten unserer Sinnesorgane.

*) In Optica quaedam Boerhaavii et Halleri comment. Lips. 1785.

Ein Theil des Folgenden ist anatomischen Inhalts. Dieser beruhet ganz auf eigenen Beobachtungen. Einige derselben machte ich zwar schon im 6ten Bande der Biologie und in meinen Untersuchungen über den Bau und die Funktionen des Gehirns, der Nerven und der Sinneswerkzeuge in den verschiedenen Classen und Familien des Thierreichs *) bekannt. Ich habe aber diese hier nicht bloß wiederholt, sondern näher bestimmt, und mich ausführlicher darüber erklärt, als in jenen Schriften geschehen konnte.

Sollte das gegenwärtige Heft eine günstige Aufnahme beim Publicum finden, so werden demselben noch einige mit Bemerkungen über den Bau und das Wirken sowohl der übrigen Sinneswerkzeuge, als der Nerven und der Theile des Gehirns, womit diese Organe zunächst in Verbindung stehen, folgen.

BREMEN. Im September. 1827.

G. R. Treviranus.

*) Verm. Schriften anatom. und physiolog. Inhalts von G. R. u. L. C. Treviranus. B. 3.

I.

Allgemeine Gesetze der Strahlenbrechungen im Auge des Menschen und der Thiere.

Es sey Ci Tab. III. (F. 36) die Augenaxe, GCH die Hornhaut, EF die Linse, KL der Hintergrund der Netzhaut, GH der Durchmesser der Iris, $\sigma\beta$ der Durchmesser der Pupille, BU ein Gegenstand in der Entfernung BC von der Mitte C der Hornhaut, UM der äusserste unter den obern, von U ausgehenden Strahlen, der durch die Pupille $\sigma\beta$ zur Linse gelangt, und Mzxn dessen Weg durch die Hornhaut, die wässrige Flüssigkeit, die Linse und den Glaskörper. Die Grundlage aller Untersuchungen über die Strahlenbrechungen im Auge ist die Lösung der Aufgabe: aus der Entfernung CB, dem Winkel BCU, der durch Cq und Mq bestimmten Lage des Punkts M und den Dimensionen und Brechungsverhältnissen der Theile des Auges die gebrochene Linie Mzxn zu bestimmen, die der Strahl UM von der Hornhaut bis zur Netzhaut bildet.

In der obigen Figur sind I, P, O, T die Mittelpunkte der Hornhaut, der vordern und hintern Fläche der Linse und des Glaskörpers, oder der denselben einschließenden Netzhaut. Man ziehe aus diesen Punkten nach den Punkten M, z, x, n, in welchen die Hornhaut, die beiden Flächen der Linse und die Netzhaut vom Strahl UM bei seinen Brechungen getroffen werden, die Halbmesser IM, Pz, Ox, Tn, und verlängere die Theile UM, Mz, zx, aus welchen der Strahl vor und nach seinen Brechungen in M, z und x besteht, bis sie die verlängerte Augenaxe in A, D, Q schneiden. Die Gestalt und Lage der gebrochenen Linie UMzxn ist bestimmt, wenn die Winkel MAC, MDA, zQA, xRA, welche die Linien AM, MD, zQ, xR mit der Augenaxe AD machen, und die Entfernungen ihrer Durchschnittspunkte A, D, Q, R mit der letztern von festen Punkten der Augenaxe bestimmt sind. Diese Winkel und Linien ergeben sich aus den Verhältnissen, worin die Winkel und Seiten der, von den erwähnten Halbmessern und Linien mit der Augenaxe gebildeten Dreiecke gegen einander stehen. Um die Auflösung allgemein zu machen, sey

die Entfernung BC des strahlenden Punktes U = a,

der Winkel UCB = μ ,

die halbe Sehne Mq = δ ,

deren Entfernung qI vom Mittelpunkte I der Hornhaut = γ ,

der Abstand C δ der Hornhaut von der Linse in der Augenaxe = t,

die Axe $\delta\pi$ der Linse = u,

die Entfernung πi der Linse von der Netzhaut in der Augenaxe = v,

der Halbmesser IM (= IC) der Hornhaut = b.

— — — Pz (= P δ) der vordern Fläche der Linse = f,

— — — Ox (= O π) — hintern — — — = g,

— — — Ti (= Tn) des Glaskörpers = h,

das Brechungsverhältniß der Luft gegen die wäßrige Flüssigkeit $= m : 1$,

— — — — — der wäßrigen Flüssigkeit gegen die Linse $= n : 1$,

— — — — — der Linse gegen den Glaskörper $= p : 1$.

Die gesuchten Winkel und Entfernungen finden sich nun mittelst der folgenden Gleichungen:

$$BU = a \text{ tang. } \mu.$$

$$Aq = \frac{\delta (a + b - \gamma)}{\delta - a \text{ tang. } \mu}. \text{ Wenn } BU > Mq \text{ und der Strahl } UM \text{ mit der Augenaxe nach der Seite des}$$

Auges convergirt, so ist $\delta > a \text{ tang. } \mu$ und Aq positiv. Im entgegengesetzten Fall wird Aq negativ.

$$\text{Tang. } MAC = \frac{\delta - a \text{ tang. } \mu}{a + b - \gamma} = \text{tang. } A.$$

$$\text{Sin. } IMV = \frac{AI \text{ sin. } A}{b} = \frac{\delta (a + b) - a \gamma \text{ tang. } \mu}{b (\delta - a \text{ tang. } \gamma)} \text{ sin. } A.$$

$$\text{Sin. } IMD = \frac{\text{sin. } IMV}{m} = \frac{\delta (a + b) - a \gamma \text{ tang. } \mu}{bm (\delta - a \text{ tang. } \mu)} \text{ sin. } A = \text{sin. } B.$$

$$\text{Tang. } MIC = \frac{\delta}{\gamma} = \text{tang. } (IMV \pm MAC), \text{ je nachdem } BU > \text{ oder } < Mq, = \text{tang. } C.$$

$MDC = C - B = D$, wenn $C > B$, in welchem Falle die Linien MD , CD nach der Seite der Netzhaut convergiren. $D = B - C$, wenn das Gegentheil statt findet.

$$ID = \frac{b \text{ sin. } B}{\text{sin. } D}$$

$$PD = ID - IP, \text{ wenn } C > B, = ID + IP, \text{ wenn } C < B.$$

$$IP = f + t - b = \Delta.$$

$$\text{Also } PD = \frac{b \text{ sin. } B \mp \Delta \text{ sin. } D}{\text{sin. } D} = E.$$

$$\text{Sin. } PzD = \frac{PD \text{ sin. } D}{f} = \frac{b \text{ sin. } B \mp \Delta \text{ sin. } D}{f} = \text{sin. } F.$$

$$\text{Sin. } PzQ = \frac{\text{sin. } F}{n} = \frac{b \text{ sin. } B \mp \Delta \text{ sin. } D}{fn} = \text{sin. } G.$$

$zQC = D + (F - G) = H$, wenn zD und CD nach dem Innern des Auges convergiren. $H = D - (F - G)$, wenn die Convergenz nach der Aussenseite des Auges geschieht.

$$PQ = \frac{f \text{ sin. } G}{\text{sin. } H} = \frac{b \text{ sin. } B \mp \Delta \text{ sin. } D}{n \text{ sin. } H}$$

$OQ = PQ + OQ$ bei der Convergenz der Linien zQ und PQ nach dem Innern des Auges, $= PQ - OP$ bei der entgegengesetzten Lage.

$$OP = f + g - u = \Pi.$$

$$\text{Folglich } OQ = \frac{n \Pi \text{ sin. } H \pm b \text{ sin. } B \mp \Delta \text{ sin. } D}{n \text{ sin. } H} = K.$$

$$\text{Sin. } OxQ = \frac{OQ \text{ sin. } H}{g} = \frac{n \Pi \text{ sin. } H \pm b \text{ sin. } B \mp \Delta \text{ sin. } D}{gn} = \text{sin. } M.$$

$$\text{Sin. } OxR = \frac{\text{sin. } OxQ}{p} = \frac{n \Pi \text{ sin. } H \pm b \text{ sin. } B \mp \Delta \text{ sin. } D}{gnp} = \text{sin. } N.$$

$xRO = H + (N - M) = P$, im Falle xQ und xR auf einerlei Seite der hintern Fläche der Linse mit der Augenaxe zusammenstoßen. $P = H - (N - M)$ im entgegengesetzten Fall.

$$OR = \frac{g \text{ sin. } N}{\text{sin. } P}.$$

$$TR = OR - OT \text{ und } OT = g + v - h = \Sigma.$$

$$\text{Also } TR = \frac{(\Pi \sin. H - p \sum \sin. P) n \pm b \sin. B \mp \Delta \sin. D}{n p \sin. P} = Q.$$

$$\sin. R n T = \frac{Q \sin. P}{h} = \frac{(\Pi \sin. H - p \sum \sin. P) n \pm b \sin. B \mp \Delta \sin. D}{h n p} = \sin. R.$$

$RTn = P - R = S$. Ist $P < R$, so wird S negativ und die Netzhaut KL oberhalb der Augenaxe Ci von dem Strahl xR geschnitten. Ist $P - R = 0$, so fällt der Durchschnittspunkt mit dem Endpunkte i der Augenaxe zusammen.

Wendet man diese Formeln auf das menschliche Auge an, so findet man, dafs, auch bei einem sehr kleinen Winkel μ , die Winkel B , G und N doch eine bedeutende Gröfse erhalten, wenn nicht auch δ so klein und γ so grofs ist, dafs der von ihnen abhängende Winkel C sehr klein ausfällt. Geht dieser nicht über eine Minute hinaus, so kann man in jenen Gleichungen die Sinus und Tangenten für proportional ihren zugehörigen Winkeln annehmen und den Werth der letzten Winkel P und S , so wie der Entfernung Q , durch die ersten Data a , μ , γ , δ u. s. w. ausdrücken. Bei einer solchen Kleinheit des Winkels C convergirt der einfallende Strahl im Auge des Menschen immer gleich nach seiner ersten Brechung mit der Augenaxe nach dem Innern des Auges, so dafs $C > B$ wird. Es werden für diesen Fall die Neigungswinkel des einfallenden Strahls

$$A = \frac{\delta - a \mu}{a + b - \gamma},$$

$$B = \frac{\delta (a + b) - a \gamma \mu}{b m (a + b - \gamma)},$$

$$G = \frac{B \gamma (b + \Delta) - \Delta \delta}{\gamma f n},$$

$$N = \frac{(\Pi (fn - (n - 1) \Delta) - \Delta f) \delta - (fn - (n - 1) (b + \Delta) \Pi - (b + \Delta) f) B \gamma}{\gamma f g n p}.$$

In diesen Gleichungen sind vier veränderliche Gröfsen enthalten: a , μ , δ und γ . δ und γ sind in umgekehrtem Verhältnifs von einander abhängig, so dafs die eine wächst, wenn die andere abnimmt. Wird $\delta = 0$, so wird $\gamma = f$. δ kann auch negativ werden; γ aber behält darum das positive Zeichen. a und μ sind sowohl von einander, als von den drei übrigen Gröfsen unabhängig und bleiben positiv, wenn δ negativ wird. Der Divisor hat in keiner dieser Gleichungen andere veränderliche Gröfsen als a und γ . Er wächst also, wenn δ abnimmt, bleibt aber immer positiv, wenn δ auch negativ wird. Das Dividendum besteht immer aus zwei Theilen, einem positiven und einem negativen, wovon der eine blos mit δ , der andere zugleich mit γ vereinigt ist. Jener wird negativ mit δ . Dieser bekommt das Zeichen $+$, wenn δ das Zeichen $-$ erhält, und umgekehrt.

Es sey jetzt, in F. 36, Mq bis N verlängert und auf N falle aus U der Strahl UN , so ist $qN = -\delta$, und wenn $UNz'x'd$ den Weg des Strahls UN vorstellt, so machen die einzelnen Stücke UN , Nz' , $z'x$, $x'd$ mit der Augenaxe und mit den Halbmessern der brechenden Fläche Winkel, deren Werthe aus den nehmlichen Gröfsen wie die der Brechungswinkel des Strahls UM , nur mit entgegengesetzten Zeichen, bestehen. Dieser Gegensatz höret aber auf, wenn $\delta = 0$ und $\gamma = f$, also UC der einfallende Strahl wird. Es verschwindet dann in den Gleichungen für A , B , G , N die ganze erste Hälfte des Dividendum, und die zweite Hälfte erhält $B = \frac{\mu}{m}$ zum Faktor. Der Strahl UC geht also in einer gebrochenen Linie $UCbgd$ fort, deren einzelne Theile UC , Cb , bg , gd die Axen der Strahlenkegel MUN , $Mz'z'N$, $zx'x'z$, xdx' sind, welche die sämmtlichen, aus U unter dem Winkel MUN auf die Hornhaut fallenden Strahlen bilden. Ich werde jene gebrochene Linie den Axenstrahl dieser Strahlenkegel nennen.

Von der Lage des Punkts ω , in welcher $g d$ die Netzhaut schneidet, auf dieser Haut hängt die Richtung ab, in welcher der strahlende Punkt U empfunden wird, und diese Lage wird durch den Winkel $i T \omega$ bestimmt, den der nach ω gezogene Halbmesser $T \omega$ des Glaskörpers mit der Augenaxe $C i$ macht. Honoratus Faber nannte die Linie, in welcher der strahlende Punkt gesehen wird, den Gesichtsstrahl (radius visorius), gab sie aber sehr unrichtig an. Ein späterer Schriftsteller, Wedel*), wollte Faber's Angabe verbessern, brachte aber nicht viel Richtigeres darüber vor. Rochon**) glaubte, durch Versuche ausgemacht zu haben, daß wir jeden Gegenstand in der Richtung des Perpendikels sehen, der von demselben auf die Fläche der Netzhaut gezogen ist. Dies gilt wohl bei einem gewissen Gesichtswinkel. Allgemein wahr könnte dies aber nur dann seyn, wenn die Linse eine vollkommene und gleichförmig dichte Kugel wäre, mit welcher die Krümmung sowohl der Hornhaut, als der inwendigen Fläche der Netzhaut einerlei Mittelpunkt hätte. Aus dem Obigen erhellet, daß der Gesichtsstrahl die Linie $g \omega$ ist, daß jedoch nicht der Neigungswinkel dieses Strahls gegen die Augenaxe, sondern der gedachte Winkel $i T \omega$ das Bestimmende unserer Empfindung von der Richtung, in welcher der Punkt U dem Auge erscheint, ausmacht. Ich werde diesem Winkel den Namen des innern Sehwinkels, zum Unterschiede des äussern $U C B$, und dem Punkte ω den des innern Sehepunkts geben.

Der allgemeine Ausdruck für diesen innern Sehwinkel ergibt sich aus den obigen Gleichungen (S. 8 - 9) nach der Substitution von $\delta = 0$ und $\gamma = f$. Man erhält dann

$$\begin{aligned} H &= \frac{(1 - n) t + f}{f m n} \mu. \\ K &= \frac{(f + t) f}{(1 - n) t + f} + \Pi. \\ P &= \frac{(1 - p) K + g p}{g p} H. \\ Q &= \frac{K g}{(1 - p) K + g p} - \Sigma. \\ S &= \frac{h - Q}{h} P. \end{aligned}$$

Auf die Entfernungen K und Q hat die Gröfse des Winkels μ keinen Einfluß. Alle Axenstrahlen $U C$, unter welchem äussern Sehwinkel μ sie auf die Hornhaut fallen, solange dieser nur eine gewisse Kleinheit nicht überschreitet, schneiden also nach ihren Brechungen die Augenaxe in einerlei Punkt. Deswegen verhalten sich die innern Sehwinkel S wie die äussern μ .

Der Winkel S ist unabhängig von der Entfernung a des Objekts. Mehrere, der verlängerten Augenaxe $C A$ sehr nahe liegende, strahlende Punkte U , b , die einerlei Axenstrahl $U C$ haben, werden daher in einerlei Richtung gesehen und decken einander.

Wenn man die Linie $U M$ sich um M drehen läßt, bis U mit B zusammenfällt und $U M$ die Lage $B M$ erhält, so stellt $B M$ einen Strahl eines, in der Augenaxe liegenden Punkts B vor, der die Hornhaut unter dem Winkel $M B C$ trifft. In diesem Fall bleiben a , δ und γ . μ aber wird $= 0$. Ist nun $M B C = \varphi$, und behalten wir die Voraussetzung bei, daß die Sinus und Tangenten dieses Winkels und aller derer, die von ihm abhängen, ihren Bogen proportional gesetzt werden dürfen, so

$$\begin{aligned} \text{darf man auch } \delta &= a \varphi \text{ und } \gamma = b \text{ setzen, und es wird } A = \varphi, B = \frac{a + b}{b m} \varphi, C = \frac{a}{b} \varphi, \\ D &= \frac{(m - 1) a - b}{b m} \varphi, E = \frac{(a + b) b}{(m - 1) a - b} - \Delta. \end{aligned}$$

*) In Halleri Disputat. anatom. IV. p. 216.

**) Recueil de Mémoires sur la Mécanique et la Physique. p. 63.

Die Werthe für die folgenden Gröfsen F, G u. s. w. lassen sich hieraus, wenn man ihrer bedarf, vermittelst der obigen Gleichungen, S. 8 - 9, weiter berechnen. Man erhält, wenn man sie aufsucht, für die sämtlichen Winkeln Formeln, die aus lauter beständigen Gröfsen, multiplicirt in den veränderlichen, gemeinschaftlichen Factor φ , bestehen. Alle Brechungswinkel eines solchen Strahls, wie BM ist, verhalten sich also gleich denen, die jeder Axenstrahl U c nach seinen Refractionen macht, wie der Neigungswinkel M B C des Strahls gegen die Augenaxe.

Aus dem zuletzt für $\mu = 0$ gefundenen Werthe der Gröfse E ergibt sich folgender Ausdruck für die Entfernung C D $= x$ des Durchschnittspunkts des Strahls mit der Augenaxe, nach seiner ersten Brechung, von der Hornhaut:

$$x = \frac{(a + b) b}{(m - 1) a - b} + b = \frac{a b m}{(m - 1) a - b}.$$

Dieses ist die gewöhnliche, zuerst von Guisnée *) gefundene, doch von ihm aus andern Gründen abgeleitete Formel für die Entfernung des Bildes eines strahlenden Punkts von einer linsenförmigen, brechenden Fläche. Eben so erhält man auch für die Entfernungen $\delta Q = y$ und $\pi R = z$:

$$y = \frac{(x - t) n f}{(x - t) (n - 1) + f} \text{ und } z = \frac{-(y - u) p q}{(y - u) (1 - p) + g}.$$

Man kann diese drei Formeln zu einer einzigen für z vereinigen. Aber der Werth von z wird dann so zusammengesetzt, dafs die Berechnung für einen gegebenen Fall in Zahlen kürzer ausfällt, wenn man z aus y und y aus x sucht.

Wenn B M parallel mit der Augenaxe C i auf die Hornhaut fällt, so wird die Entfernung a unendlich grofs, hingegen der Neigungswinkel φ unendlich klein. Mit diesem verschwinden dann auch die sämtlichen, von ihm abhängenden Brechungswinkel. Die Entfernungen x, y, z aber bleiben, und es wird $x = \frac{b m}{m - 1}$.

Bei den bisherigen Untersuchungen nahmen wir m, n und p für Zahlen an, die bei allen Veränderungen der Gröfsen a, μ , δ , γ und φ immer die nehmlichen bleiben. Diese Voraussetzung ist aber nur insofern gegründet, als jene Zahlen durch die brechenden Kräfte der wäfsrigen Flüssigkeit und des Glaskörpers bestimmt werden. Sie ist nicht gültig, insofern m, n und p auch von den brechenden Kräften der Hornhaut und der Linse abhängen.

Um zuerst die Hornhaut in Hinsicht auf diesen Punkt zu untersuchen, so sei in F. 37, 38, 39 (Tab. III.) N F E P die eine Hälfte der Fläche eines, durch die Augenaxe geführten Durchschnitts derselben. Ihre Gestalt kann von dreierlei Art seyn: entweder ist der Radius der innern Krümmung kleiner als der der äussern, und beide Halbmesser haben einen verschiedenen Mittelpunkt (F. 37); oder bei einem verschiedenen Mittelpunkt ist der erste Radius gröfser als der zweite (F. 38.); oder bei dem erstern Verhältnifs der Halbmesser haben diese einerlei Centrum (F. 39). Bei der ersten Form ist die Hornhaut am Rande dicker als in der Mitte, und der Mittelpunkt D der hintern Fläche E P liegt dieser Fläche näher als das Centrum C der vordern Fläche F N. Bei der zweiten Form findet das Gegentheil statt. Bei der dritten sind beide Flächen parallel. Es stelle G H in jenen drei Figuren einen Strahl vor, der die Hornhaut in I trifft und in I nach I L, in x nach x M gebrochen wird; es sey in F. 37 und 38 aus C nach I der Radius C I, aus D nach x der Radius D x, und in F. 39 seyen aus dem gemeinschaftlichen Mittelpunkt C beider Bogen die Halbmesser C I und C x gezogen. Wenn nun C I = f, D x = b, F G = a, E F = v, I G F = π , H I C = φ und das Verhältnifs der Refraktion aus der Luft in die Hornhaut = r : 1, aus der Hornhaut in die wäfsrige Flüssigkeit = q : 1, so ist in F. 37:

*) Mém. de l'Acad. de Paris. A. 1704. p. 31 der 8 Ausgabe.

$$\sin. \varphi = \frac{(a + f) \sin. \pi}{f}, \quad \text{ICG} = \varphi - \pi,$$

$$\sin. \text{LIC} = \frac{\sin. \varphi}{r} = \sin. \psi, \quad \text{ILC} = \text{ICG} - \text{LIC} = \varphi - \pi - \psi,$$

$$\text{CL} = \frac{f \sin. \varphi}{r \sin. (\varphi - \pi - \psi)}, \quad \text{CD} = f - (b + v) = \sigma,$$

$$\text{DL} = \frac{\sigma r \sin. (\varphi - \pi - \psi) + f \sin. \varphi}{r \sin. (\varphi - \pi - \psi)}$$

$$\sin. \text{D x L} = \frac{\sigma r \sin. (\varphi - \pi - \psi) + f \sin. \varphi}{b r}$$

$$\sin. \text{D x M} = \frac{\sigma r \sin. (\varphi - \pi - \psi) + f \sin. \varphi}{b r q}.$$

Für F. 38 wird:

$$\sigma = (b + v) - f, \quad \text{DL} = \frac{f \sin. \varphi - \sigma r \sin. (\varphi - \pi - \psi)}{r \sin. (\varphi - \pi - \psi)},$$

$$\sin. \text{D x L} = \frac{f \sin. \varphi - \sigma r \sin. (\varphi - \pi - \psi)}{b r},$$

$$\sin. \text{D x M} = \frac{f \sin. \varphi - \sigma r \sin. (\varphi - \pi - \psi)}{b r q}.$$

$$\text{Für F. 39 wird } \sigma = 0, \text{ also } \sin. \text{C x L} = \frac{f \sin. \varphi}{b r} \text{ und } \sin. \text{C x M} = \frac{f \sin. \varphi}{b r q}.$$

Da die Hornhaut die Strahlen stärker als die wässrige Flüssigkeit bricht, so ist r ein uneigentlicher, hingegen q ein eigentlicher Bruch, also in allen drei Fällen $\text{LIC} < \text{HIC}$, hingegen $\text{D x M} > \text{D x L}$. Die Hornhaut hat also die Wirkung, den Winkel, den der einfallende Strahl mit dem Perpendikel macht, bei der ersten Brechung zu verkleinern und bei der zweiten wieder zu vergrößern. Je stärker die erste Brechung und je dicker die Hornhaut ist, desto kleiner wird der Winkel xMC , den der Strahl nach seiner zweiten Refraktion mit der Augenaxe macht. Diese Wirkungen erfolgen aber bei den drei verschiedenen Formen der Hornhaut nicht in gleichem Verhältniss. Am schwächsten ist sie bei der dritten Form. Bei dieser wird der Winkel C x L nur um das Verhältniss

$1 : \frac{f}{b}$ gröfser, als er seyn würde, wenn GI unmittelbar aus der Luft in die wässrige Flüssigkeit dränge. Denn, wenn das Verhältniss aus der Luft in diese Flüssigkeit $= m : 1$ ist, so ist $q r = m$, also $\sin. \text{D x M} = \frac{f \sin. \varphi}{b q r} = \frac{f \sin. \varphi}{b m}$. Beim Menschen entfernt sich die Form der Horn-

haut (T.I. F.8.) nicht sehr von der dritten. Bei ihm kann also der Einfluss dieser Haut auf die Strahlenbrechung nicht grofs seyn. Bei vielen Thieren hat b gegen f ein sehr bedeutendes Verhältniss. Hier mufs also die Cornea eine viel stärkere Wirkung äussern.

Bei den Thieren, die eine dickere Hornhaut haben, läfst sich diese ohne grofse Schwürigkeit in ihre nähern Bestandtheile trennen. Es gelang mir vorzüglich am Narhwalauge ihren innern Bau genau zu erkennen. An diesem besteht sie aus einem mittlern, durchsichtigen Theil und einem auswendigen, weiflichen Ring, welcher letztere noch von einem zweiten, schwarzbraunen Ringe umgeben ist. Der weifliche Ring geht in die Sklerotika über, hat aber ein lockereres Gewebe als diese, und enthält Fasern, die nach der Mitte der Cornea gerichtet sind. Aehnliche, aber zartere, näher an einander gedrängte, ebenfalls nach dieser Mitte gerichtete Fasern machen den mittlern, durchsichtigen Theil aus. Die letztern erhalten von der Einwirkung des Weingeists die glänzende Farbe der Sehnen. Sie liegen

schichtenweise über einander. Nach innen sind sie mit einer dünnen Haut überzogen, die der Demourschen Membran des menschlichen Auges analog ist und mit dem Ciliarligament zusammenhängt. Auswendig sind sie mit einer Haut bedeckt, welcher dieser innern ähnlich ist und sich an der äussern Fläche der Sklerotika verliert. Ueber der äussern Membran liegt noch ein Fortsatz der Conjunktiva, der rings um die Cornea den schwarzbraunen Ring bildet.

Ich habe diese Textur im Wesentlichen an der Hornhaut aller Säugthiere und Vögel, die ich untersuchen konnte, wiedergefunden; nur war sie nicht bei allen so deutlich als am Narhwal zu beobachten, und nicht alle Theile jener Haut hingen auf die Art, wie beim Narhwal, mit dem übrigen Auge zusammen *). Beim rauhbeinigen Falken (*Falco lagopus*) z. B. konnte ich nicht die auswendige Membran, sondern bloss die inwendige Haut von dem mittlern fibrösen Gewebe absondern. Dieses hing mit einem schlaffen, den Knochenring überziehenden Gewebe zusammen. Die inwendige Haut schloß sich dem wulstigen Vorderrande einer Membran an, welche unter der inwendigen Fläche des Knochenrings liegt und die äussere Wand des Fontanaschen Canals ausmacht.

Die Zusammensetzung der inwendigen Substanz der Hornhaut aus Lagen von Fasern scheint mit der Polarisation des Lichts in Beziehung zu stehen. Wenn man einen Strahl durch mehrere, über einander liegende, homogene Glasplatten in schiefer Richtung gehen läßt, so verliert ein Theil des Lichts, der sonst zurückgeworfen werden würde, beim Durchgange durch jede folgende Platte immer mehr die Eigenschaft, reflektirt zu werden. Etwas Aehnliches ereignet sich vermuthlich auch in den Fasernschichten der Hornhaut.

Die Hornhaut hat endlich noch die Wirkung, die von der kugelförmigen Gestalt beider Flächen der Linse entstehende Aberration der Strahlen zu heben, indem sie diese, die ohne sie divergirend auf die Vorderfläche der Linse fallen würden, zur Convergenz bringt, wenn dieselben von einem Punkte ausgehen, der innerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens liegt. Ein solcher, mit der Augenaxe AD (Tab. III. F. 36) divergirender Strahl AV werde nach der Richtung MD gebrochen und es sei MI ein nach M gezogener Halbmesser der Hornhaut. Der Winkel MIC steigt und fällt mit dem Winkel A . Mit dem Wachsthum von A erfolgt daher Abnahme des Einfallswinkels $VMI = 2R - (A + MIC)$, folglich auch des Brechungswinkels DMI , dessen Sinus $= \frac{\sin. VMI}{m}$ ist. Der Winkel MDC ist $= MIC - DMI$. Er wächst daher mit der Zunahme des Winkels A . Es verhält sich ferner $\sin. MDC : \sin. DMI = MI : ID$. Da nun MI eine beständige Gröfse ist, so muß, wenn MDC gröfser und DMI kleiner wird, ID und also auch CD vermindert werden. Je näher dem Rande G der Hornhaut HCG der Strahl AV auffällt, desto kleiner wird daher die Entfernung CD . Der gebrochene Strahl MD fällt nun convergent mit der Augenaxe in z auf die vordere Fläche der Linse und geht in der Richtung zQ zur Augenaxe. Man ziehe nach z den Radius Pz dieser Fläche, und es läfs sich auf eben die Art wie vorhin zeigen, dafs mit dem Wachsthum des Winkels A die Entfernungen PQ und CQ immer gröfser werden müssen. So ist die Wirkung der Refractionen in M und z von entgegengesetzter Art. Einen ähnlichen entgegengesetzten Einflufs wie die vordere Fläche der Hornhaut und Linse hat aber auch auf die Brechung des einfallenden Strahls die hintere Fläche dieser Theile.

Noch weit mehr als von der Hornhaut werden die Strahlenbrechungen im Auge durch die Krystalllinse modifizirt. Wir haben die brechende Kraft dieser Substanz für einerlei in allen ihren Theilen angenommen. Dies kann aber nicht der Fall seyn. Die Linse zeigt sich allenthalben im Thierreiche, wo sie grofs genug ist, um näher untersucht werden zu können, als aus Schichten zusammengesetzt, die von der Oberfläche nach der Mitte an Dichtigkeit zunehmen. Diese Zunahme ist jedoch nicht

*) Beim Menschen wurde sie schon von Valsalva beobachtet. Morgagni Epist. anatom. XVI. §. 30.

gleichförmig. Gewöhnlich besteht die Linse aus drei Substanzen: einer äussern Schichte, einer mittlern und einem Kern (Tab. I. F. 2 — 7). Die äussere Schichte ist die weichste und läßt sich nach der Behandlung mit Weingeist und mineralischen Säuren in fasrige Blätter zertheilen, die wie die Schuppen einer Zwiebel über einander liegen und an beiden Enden der Linsenaxe zusammenkommen, doch sich an dem vordern Ende nicht ganz erreichen, sondern hier einen kleinen Raum unausgefüllt lassen, in welchem sich unter der Linsenkapsel eine Flüssigkeit befindet (F. 1.). Bei manchen Thieren geht die äussere Schichte unmerklich in die mittlere über. Häufig aber ist sie von der letztern getrennt. Diese ist von ähnlicher Textur, aber etwas dichter, als die vorige. Sie gerinnet gleich jener in Alcohol zu einer weissen, undurchsichtigen, aus faserigen Blättern bestehenden Masse. Ihre vordere und hintere Krümmung ist immer concentrisch mit der vordern und hintern Krümmung der ganzen Linse. Die Fasern verlaufen in ihr ebenfalls immer parallel mit diesen Krümmungen. Hingegen in der äussern Schichte sind sie bei mehreren Vögeln, z. B. beim rauhbeinigen Falken (F. 4), schief gegen den Umfang der Linse gerichtet. Der Kern besteht ebenfalls aus über einander liegenden Blättern. Diese sind aber härter und näher an einander gedrängt, als die der mittlern und äussern Substanz. Sie färben sich bei den Säugthieren (F. 3. 3*) und Fischen (F. 6. 7.) in Weingeist gelb, bräunlich, oder schwärztlich, verlieren dabei nicht ganz ihre Durchsichtigkeit und zeigen sich, von einander abgesondert, im Aeussern den Fischschuppen ähnlich. Bei den Vögeln (F. 4. 5.) tritt die Färbung entweder gar nicht, oder nur theilweise ein. Der Kern ist hier nur dichter als die mittlere und äussere Schichte, aber mit diesen von einerlei Farbe und ebenfalls undurchsichtig. So erscheint z. B. der Durchschnitt der Linse des Storchs wie in F. 5. Beim rauhbeinigen Bussard und bei mehreren andern Falken hat er, wenn er eine längere Zeit der Einwirkung des Weingeist ausgesetzt gewesen ist, hinten eine schmale Lage von ähnlicher Bernsteinfarbe und Durchsichtigkeit wie der ganze Kern der Linse bei den Säugthieren und Fischen (F. 4); seine übrige Substanz ist undurchsichtig. In seiner Gestalt ist der Kern immer der ganzen Linse ähnlich, aber nicht immer gleich. Nur bei einer geringern Zahl der Thiere liegt er genau im Mittelpunct der Linse (z. B. bei *Cavia Cobaya*. F. 3). Bei den meisten Thieren ist er der hintern Fläche der letztern näher als der vordern (z. B. beim Narhwal, F. 3*). Dies findet selbst bei den Fischen statt, die eine ganz kugelförmige Linse haben (z. B. bei *Trigla Hirundo*, F. 6. und bei *Cyclopterus Lumpus*, F. 7). Das Verhältniß seiner Grösse zur Grösse der ganzen Linse ist ebenfalls sehr verschieden, wie eine Vergleichung der F. 3* und 7 zeigt. Bei dem Menschen und den Affen unterscheidet er sich nach Erhärtung der Linse nie so genau von den übrigen Substanzen derselben wie bei den Vierfüßern, und seine Lage ist bei verschiedenen Menschen nicht immer die nemliche. In Einem Fall erschien mir die horizontale Durchschnittsfläche der menschlichen Linse so, wie ich sie in F. 2 vorgestellt habe. Der Kern lag hier auf der hintern Seite der Linse beinahe dicht an der Linsenkapsel, und sein Durchschnitt bildete eine sichelförmige Figur. In andern menschlichen Augen fand ich ihn, wie bei den meisten Thieren von gleicher Gestalt mit der Linse, aber der vordern Fläche dieses Organs näher als der hintern liegend. Die Linse des Kapuzineraffen zeigte mir auf der Fläche des horizontalen Durchschnitts nie einen scharf begränzten Kern, sondern immer nur solche bogenförmige, dunkle Streifen, wie man in F. 2* sieht.

Porterfield *) war meines Wissens der Erste, der den Einfluß dieser Zusammensetzung der Linse aus Schichten von verschiedener Dichtigkeit auf das Sehen erwog. Er glaubte, es würde dadurch die von der sphärischen Gestalt beider Flächen der Linse herrührende Abweichung der Strahlen gehoben, indem die, welche der Augenaxe zunächst und mit ihr parallel auffallen, früher, als sonst geschehen würde, die Netzhaut trafen, während die entferntern dem dichtern Kern vorbeiführen und verhältniß-

*) On the Eye. Vol. I. p. 438.

mäßig weniger als jene von ihrem Wege abgelenkt würden. Diese Meinung ist aber unrichtig. Sie würde nur von Strahlen gelten, die aus einem und demselben Punkt auf die Linse fallen, ohne vorher durch die Hornhaut und die wässrige Flüssigkeit gebrochen zu seyn. Die Abweichung solcher Strahlen, die einen gemeinschaftlichen Ursprung aus einerlei Punkt haben, wird schon, ehe sie zur Linse gelangen, durch die Gestalt der Hornhaut ausgeglichen, und zwischen den Refraktionen derer, die aus verschiedenen Punkten entstehen, wird durch die obige Zusammensetzung der Linse ein ganz anderes Verhältniß hervorgebracht, als statt finden würde, wenn sie durch ein Medium von gleichförmiger Dichtigkeit gingen. Es sei $A F B R$ (Tab. III. F. 40) die Linse, FR die Axe, AB der Durchmesser, α die äussere, β die mittlere Schichte, γ der Kern derselben, η die Mitte des Kerns und G ein Punkt in der verlängerten Augenaxe $E Q$, von welchem die Strahlen GM , GN zur Linse gelangen. Würden diese nicht durch die Hornhaut und die wässrige Flüssigkeit gebrochen, und bestände die Linse aus einer gleichartigen Substanz, so kämen sie in verschiedenen Punkten zur Augenaxe und es würde RQ entweder kleiner als die Entfernung von R , worin die verlängerte Linie Md die Augenaxe schnitte, oder dieser in der Lage entgegengesetzt seyn. Da aber die Linse aus den Substanzen α, β, γ besteht, deren Dichtigkeit nach der Mitte η zunimmt, und der unter dem kleinern Winkel MGF auffallende Strahl GM durch mehr und dichtere Schichten als GN geht, so muß jener stärker als dieser gebrochen werden, und es können, wenn die Dichtigkeiten der Schichten in einem gewissen Verhältniß stehen, die Wege $Mdrb$, $Niab$ beider Strahlen so modifizirt werden, daß sie mit der Augenaxe in einerlei Punkte b zusammentreffen. Es sei aber E ein anderer strahlender Punkt in der Augenaxe, der von der Linse weiter als G entfernt ist, und EH ein Strahl dieses Punkts, welcher einen Winkel $FEH = MGF$ mit der Augenaxe macht. Hätte die Linse eine gleichförmige Dichtigkeit, so würde EH stärker als GM gebrochen werden und die Augenaxe in einem Punkte S schneiden, dessen Entfernung FS von der vordern Fläche der Linse kleiner seyn würde, als die Entfernung, worin der Strahl GM nach seiner Brechung durch eine solche Linse mit der Augenaxe zusammenträfe. Hingegen wenn die Strahlen GM , EH in eine Linse von zunehmender Dichtigkeit dringen, und GM in derselben nach der Richtung $Mdrb$, EH nach $H z Lt$ fortgeht, so können diese gebrochenen Linien die Augenaxe in Punkten b und L schneiden, deren Entfernungen Fb , FL gegen einander in sehr verschiedenem Verhältniß stehen, je nachdem der Winkel $MGF = FEH$ und die Entfernungen FG , FE größer oder kleiner sind und die Strahlen von der Linse mehr oder weniger stark gebrochen werden.

Die allgemeineren Gesetze dieser, in der Zunahme der Dichtigkeit der Linse von ihrem Umfange zur Mitte begründeten Refraktionen lassen sich aus den allgemeinen Sätzen der Dioptrik ohne große Schwierigkeit entwickeln. Sie sind denen ähnlich, nach welchen die astronomische Strahlenbrechung geschieht. Aber die Bestimmung des Speciellen ist für die Strahlenbrechungen im Auge noch weit schwüriger, als für die Bahn des Lichts durch die Atmosphäre. Im Allgemeinen gilt von denselben Folgendes.

Wenn α, β, γ (F. 40) die verschiedenen Schichten der Linse vom Umfange nach der Mitte sind, so schneidet der Strahl GM , der diese Schichten durchläuft, die Augenaxe $E Q$ in einem Punkte b , dessen Entfernung Fb von der vordern Fläche der Linse die mittlere zwischen denen ist, die entstehen würden, wenn die Linse das eine mal mit α , das andere mal mit γ von gleichförmiger Dichtigkeit wäre.

Der Weg $Mdrb$ jedes Strahls GM durch die verschiedenen Schichten der Linse ist eine gebrochene, oder, wenn die Dichtigkeit der Linse ununterbrochen nach der Mitte zunimmt, eine krumme Linie, die nach dem verschiedenen Einfall der Strahlen ihre hohle oder convexe Seite der vordern Fläche der Linse zukehrt: die hohle, wenn die Entfernung GF des strahlenden Punkts positiv ist; die convexe, wenn diese negativ ist.

Jeder Strahl GM wird beim Durchgange durch die Linse von dem graden Wege um so mehr abgelenkt, je mehr Schichten von zunehmender Dichtigkeit er durchläuft und je länger die Wege sind, die er in den Schichten zurücklegt. Die Länge der Wege und die Zahl der Schichten nimmt um so mehr zu, je kleiner der Winkel $r h A$ wird, den der Strahl beim Durchgange durch den Diameter AB der Linse mit diesem macht, und je näher dem Mittelpunkte η der letztern er denselben schneidet. Das Minimum jenes Winkels und das Maximum dieser Näherung verändert sich mit jeder Veränderung der Lage des strahlenden Punktes G gegen die Augenaxe und die Linse.

Wenn also MGF der Winkel ist, bei welchem der Strahl GM in der Entfernung GF am stärksten gebrochen wird, so nimmt die Refraktion desselben sowohl bei der Zunahme, als bei der Abnahme dieses Winkels ab.

Wächst die Entfernung GF während der Winkel MGF unverändert bleibt, so nimmt der Winkel $r h A$ ab und h nähert sich mehr als zuvor dem Mittelpunkte η . Mit der Zunahme jener Entfernung muß also der Winkel der stärksten Brechung größer werden. Das Gegentheil tritt bei Verkürzung der Entfernung GF ein. Wird diese unendlich groß, oder fällt der Strahl VM parallel mit der Augenaxe auf die Linse, so richtet sich die Brechung nach der Größe des Winkels $M \eta F$. Wird sie unendlich klein, oder ist kF der einfallende Strahl, so steigt die Brechung mit der Abnahme und fällt mit der Zunahme des Winkels $E F K$. Wird sie negativ, oder convergirt der einfallende Strahl $n P$ nach der Seite Q mit der Augenaxe, so tritt der Winkel der stärksten Refraktion in das umgekehrte Verhältniß mit der Entfernung FP .

Wenn also z. B. für die unendliche Entfernung des strahlenden Punktes das Maximum der Brechung in dem Punkte T und für die Entfernung GF in M läge, so könnte für Strahlen, die, mit der Augenaxe parallel, zwischen M und F auffielen, eine schwächere Refraktion statt finden, als für die, welche aus dem Punkte G nach MF gingen. Da nun die Strahlen eines fernern Punktes schwächer gebrochen werden müssen, als die, welche von einem nähern kommen, um die Augenaxe in einerlei Punkt zu schneiden, so erhellet, wie, bei der Zusammensetzung der Linse aus Schichten von zunehmender Dichtigkeit, Deutlichkeit des Sehens bei sehr verschiedenen Entfernungen des Objekts vom Auge möglich ist.

Liegt der strahlende Punkt ausserhalb der Augenaxe, z. B. in C , und sind CM , CH zwei der Strahlen, die von ihm auf die Linse fallen, so werden diese eben so gebrochen, als kämen sie aus den Punkten E und G , in welchen sie die Augenaxe schneiden. Es können sich mithin auch hier die Refraktionen beider Strahlen wegen der Verschiedenheit der Entfernungen EF und GF ausgleichen.

Das allgemeine Gesetz für die Brechung der Strahlen durch die Linse ist also dieses: daß bei einer positiven Entfernung des strahlenden Punktes von der Linse die Refraktion bis zu einer gewissen Gränze zunimmt mit der Zunahme des Einfallswinkels und der Abnahme der Entfernung, hingegen abnimmt mit der Abnahme des Einfallswinkels und der Zunahme der Entfernung, und daß bei einer negativen Entfernung das umgekehrte Verhältniß eintritt.

Hierbei zeigt sich jedoch eine Schwürigkeit. Haben die Strahlen für den Abstand GF in M das Maximum der Refraktion, so läßt sich zwar begreifen, wie die, welche oberhalb M , von M bis A , auf die Linse fallen, sich in einerlei Punkt der Augenaxe vereinigen können, wenn sie ungebrochen von G auf AM fallen. Für diese kann dann die Abweichung, die von der Abnahme der Refraktion mit der Zunahme des Winkels MGF entsteht, durch die Abweichung der brechenden Mittel von der sphärischen Gestalt ausgeglichen werden. Hingegen für die, welche zwischen M und F die Linse treffen,

mindert sich die Refraktion mit der Abnahme des Winkels MGF , und es erfolgt eine Abweichung, welche durch die Aberration von der kugelförmigen Gestalt noch vermehrt wird. Allein die letztere Abweichung wird gehoben durch eine ähnliche, aber entgegengesetzte, die in der sphärischen Gestalt der Hornhaut ihren Grund hat. Die Cornea ist überdies bei den mehrsten Thieren nicht so dünn, daß sie nicht auch vermöge ihrer Dicke auf die Ablenkung der Strahlen einen merklichen Einfluß haben sollte, und dieser Einfluß ist ebenfalls dem entgegengesetzt, den die Linse auf die, zwischen M und F sie treffenden Strahlen äussert. Dieser Einfluß wirkt freilich gleichartig mit den, zwischen M und A von den verschiedenen Schichten der Linse herrührenden Brechungen, und hier wird also die Aberration von der kugelförmigen Gestalt nicht aufgehoben. Hier tritt aber die Wirkung der Pupille ein. Die Gröfse des Durchmessers dieser Oeffnung ist abhängig von dem Grade der Erleuchtung des innern Auges und der Entfernung des Objekts. Man kann annehmen, daß sie bei einem mittlern Grade der Erleuchtung sich bis zum Punkt des Maximums der Refraktion verengert oder erweitert. Wenn z. B. GF die Entfernung und MGF der Winkel des Maximums der Refraktion ist, so wird die Pupille eine solche Weite haben, daß allen Strahlen des Punkts G , die mit der Augenaxe einen größern Winkel machen, als MGF ist, der Zutritt zum Auge durch die Iris abgeschnitten wird.

Die blättrige Textur der Linse bei verschiedener Dichtigkeit ihrer Schichten ist noch von einer zweiten Seite sehr wichtig beim Sehen. Vermöge derselben hat das Auge eine achromatische Beschaffenheit. In F. 41 (Tab. III.) sey CF die Hornhaut, Ap die vordere Fläche der Linse, Gm die Augenaxe und G ein Punkt, von welchem der Strahl GM auf die Hornhaut fällt. Dieser wird bei seinem Eintritt in die Cornea in den Strahlenbüschel nMm zerlegt. Der Strahl Mm fällt auf die Linse AB , als käme er aus der Entfernung pm , und Mn als von dem Punkte n in der Entfernung pn ausgehend. Wenn nun alle Strahlen, die aus Punkten der verlängerten Augenaxe kommen, die Retina in deren Durchschnittspunkte mit der Augenaxe treffen, so müssen sich um so mehr die Strahlen Mm , Mn , für welche bei der Kleinheit des Winkels nMm die Entfernungen pm , pn wenig verschieden sind, in diesem Punkte vereinigen.

Auf dieselbe Weise werden auch bei allen Strahlen, die nicht ganz schief auf den Rand der Linse fallen, die Störungen gehoben, die das Sehen von der Diffraction der Strahlen durch den Rand der Pupille erleiden könnte. Ein Strahl mQ (Tab. III. F. 42), der den Rand Q einer engen Oeffnung Qq streift, wird durch diesen in zwei Hälften Qn , Qo getheilt. Ist also Ii die Iris, Qq die Pupille, ApB die Linse, so wird mQ getheilt in Qn , Qo auf die letztere fallen. Hierbei tritt dann aber der nehmliche Fall wie vorhin ein. Qn gelangt zur Linse unter einem größern Winkel und aus einer kleinern Entfernung, Qo unter einem kleinern Winkel und aus einer größern Entfernung. Sie werden sich also nach den Brechungen, die in den verschiedenen Schichten der Linse mit ihnen vorgehen, in einerlei Punkt der Netzhaut wieder vereinigen. Nur bei einem Strahl tq , der in so schiefer Richtung zum Rand B der Linse geht, daß die beiden Theile qc , qa , worin er bei q durch die Diffraction zerlegt wird, blos durch die äusserste Schichte der Linse ihren Weg nehmen, kann diese Vereinigung nicht eintreten. Wie den Nachtheilen, die hieraus entstehen würden, abgeholfen ist, wird unten in den Untersuchungen über den Einfluß der verschiedenen Beleuchtung auf das Auge gezeigt werden.

Die sämmtlichen bisher entwickelten Gesetze der Strahlenbrechungen im Auge drücken sich in dem Verhältniß, nach welchem die Zusammenziehung und Erweiterung der Pupille bei den verschiedenen Entfernungen des Objekts geschieht, und in der Form aus, nach welcher die Fläche der Netzhaut gekrümmt ist. Liessen sich alle jene Gesetze aus einer einzigen analytischen Formel ableiten, so würde sich daraus auch ein allgemeiner Ausdruck für jenes Verhältniß und für diese Gestalt ergeben. Eine solche Formel würde aber so verwickelt ausfallen, daß sich kein Gebrauch von ihr würde machen

lassen. Wir müssen uns daher begnügen, die beiden gesuchten Stücke aus der Erfahrung zu nehmen und aus ihnen rückwärts die Gröfsen zu berechnen, die sich weder unmittelbar messen, noch aus andern gegebenen Dingen mit Sicherheit bestimmen lassen.

Ueber den Einfluss der Pupille auf das Sehen werden folgende allgemeine Bemerkungen hier ihre passendste Stelle finden.

In F. 36 (Tab. III.) sey $G\sigma \dots H\beta$ ein Durchschnitt der Iris, $\sigma\beta$ der Durchmesser der Pupille und U ein strahlender Punkt. Die Wirkung der Pupille ist, den ganzen, von U auf die Hornhaut GCH fallenden Strahlenkegel bis auf MUk zu verschmälern, wenn UM und Uk die äussersten Strahlen sind, die von der Pupille durchgelassen werden. Die bei der Bestimmung des Weges, den der gebrochene Strahl im Auge nimmt, sehr wichtigen Gröfsen $tq = \gamma$ und $qM = \delta$ hängen also von der Oeffnung $\sigma\beta$ der Pupille ab, und da dieser für jeden Grad des Lichts und für jede Entfernung des Gegenstandes U ein bestimmter Werth zukömmt, so werden in jedem Fall, wo man Berechnungen über die Refraktionen im Auge zu machen hat, γ und δ aus $\beta\sigma$ abzuleiten seyn. Es verhält sich aber $1 : \text{tang. } MDC = D\lambda : \lambda\sigma$, oder, unter der Voraussetzung, dafs die Tangente des Winkels MDC von ihrem Bogen nicht bedeutend verschieden und $\sigma\lambda = \frac{1}{2}\lambda$, $\lambda\delta = \tau$, $MDC = B$ ist,

$$1 : \frac{\delta - B\gamma}{\gamma} = b + \tau + \frac{Bb}{\delta - B\gamma} : \frac{1}{2}\lambda.$$

Die Gleichung, die sich aus dieser Proportion ergibt, führt aber, wenn man darin für B den Werth

dieses Buchstabens aus der Formel, S. 9, $B = \frac{\delta(a+b) - a\gamma\mu}{bm(a+b-\gamma)}$, substituirt und $\gamma = \sqrt{b^2 - \delta^2}$

setzt, auf einen so verwickelten Ausdruck, dafs man auf einem kürzern Wege zum Ziele gelangt, wenn man δ aus λ durch Näherung sucht.

Befindet sich der strahlende Punkt in der Augenaxe, ist er z. B. B (F. 36) so bedarf es, um die Refraktionen eines Strahls BM desselben zu finden, nicht der Gröfsen γ und δ , sondern nur des Winkels $MB C = \varphi$, den MB mit der verlängerten Augenaxe BC macht. Diesen aber erhält man, unter der Bedingung, dafs man die Sinus und Tangenten ihren Bogen proportional setzen darf, aus

den Gleichungen $MDC = \frac{\frac{1}{2}\lambda}{x \pm (t - \tau)}$ und $MDC = \frac{(a+b)\varphi}{(x \pm b)m}$, in welchen $x =$

$\frac{abm}{(m-1)a-b}$ ist (S. 11). Diese Formeln geben

$$\varphi = \frac{\frac{1}{2}\lambda m (x \pm b)}{(x \pm (t - \tau))(a+b)}.$$

Das Zeichen $-$ gilt hier, wenn $(m-1)a > b$ ist, also die Strahlen nach der ersten Refraktion convergiren; hingegen ist das Zeichen $+$ zu setzen, wenn das Gegentheil statt findet.

Auf den Axenstrahl UC eines ausserhalb der Augenaxe liegenden strahlenden Punkts U hat die Iris keine Wirkung, solange nicht der Winkel UCB so grofs, die Pupille so zusammengezogen und die brechende Kraft der Hornhaut und der wäsrigen Flüssigkeit so gering ist, dafs er nach der Brechung, die er beim Uebergange in diese Flüssigkeit erleidet, von der Iris aufgefangen wird. In diesem Falle wird mit ihm der gröfsere Theil des ganzen Strahlenkegels MUk abgeschnitten und von dem Punkte U nur noch ein schwaches und unvollständiges Bild durch die, zunächst bei UM , zwischen diesem und UC ausfahrenden Strahlen, auf der Netzhaut gebildet.

Ueber die Beziehung der Form, nach welcher die von der Netzhaut bedeckte, inwendige Fläche des Auges gekrümmt ist, zu den Refraktionen der, zur Retina gelangenden Strahlen läfst sich im Allgemeinen blos Folgendes bestimmen.

In F. 43 (Tab. III) stelle $a i d$ die eine Hälfte eines Durchschnitts jener Fläche von der Augenaxe $a f$ an bis zum hintern Rande d des Ciliarkörpers vor und $C v'$, $C q'$, $C p'$ u. s. w. seyen die nach ihrer letzten Brechung die Augenaxe $a f$ schneidenden und zur Netzhaut gehenden Axenstrahlen von äussern, in der verlängerten Fläche $d i a f$ liegenden Punkten. Soll Uebereinstimmung zwischen unsern Empfindungen und den äussern Gegenständen seyn, so müssen Punkte des Gesichtskreises, die in einerlei Bogen gleich weit von einander abstehen, sich auch in gleichen Weiten $a m$, $m n$, $n o$ u. s. w. auf dem Bogen $a i d$ der Netzhaut abbilden, der jenem entsprechend ist. Wäre die Linse von gleichförmiger Dichtigkeit, wären ihre und der Hornhaut Krümmungen vollkommen sphärisch und liessen sich die Sinus aller Winkel ihren zugehörigen Bogen proportional setzen, so würde aus der S. 10 für den Sinus des innern Gesichtswinkels gefundenen Formel folgen, dass die innern Gesichtswinkel sich wie die äussern verhielten. Die Axenstrahlen $C v'$, $C q'$, $C p'$ u. s. w. schnitten dann sich und die Augenaxe $a f$ in einerlei Punkte C und $a i d$ würde ein Kreisbogen seyn. Da aber von jenen Bedingungen keine statt findet, so können $C v'$, $C q'$, $C p'$ sich und die Augenaxe nicht in einerlei Punkte schneiden; es kann nicht $v' C f$ doppelt so groß als $o' C f$ seyn, wenn der äussere Gesichtswinkel von $v' C f$ doppelt so groß als der von $o' C f$ ist, und $a i d$ muss eine andere krumme Linie als ein Kreisbogen seyn. In der That ist $a d$ auch bei allen Thieren von der Kreislinie verschieden. Sie hat nur bis auf eine gewisse Entfernung $a o$ von der Augenaxe eine gleiche Krümmung mit einem aus C durch a beschriebenen Cirkelbogen $a v e$. Weiterhin weicht sie von diesem ab. Bis zur Grenze o gilt also das Gesetz, dass die innern Gesichtswinkel der Axenstrahlen den äussern proportional sind. Hingegen von o bis c müssen, damit $o r$, $r h$, $h i$ sich gleich bleiben, die innern Gesichtswinkel $o C p$, $p C q$, $q C v$ in einem andern Verhältniss als die äussern wachsen und abnehmen.

Da sich der Halbmesser der hintern Krümmung der Netzhaut, oder des Glaskörpers, aus den durch Ausmessung bestimmten Ordinaten und Abscissen dieser Krümmung berechnen lässt, so hat man an demselben ein Mittel, die durch Versuche bestimmten Refraktionsverhältnisse der durchsichtigen Theile des Auges zu prüfen. Diese werden für die, unter einem kleinen äussern Gesichtswinkel einfallenden Axenstrahlen zutreffen, wenn der, aus ihnen berechnete Radius jener hintern Krümmung mit dem, durch genaue Messungen bestimmten übereinkömmt; im entgegengesetzten Fall werden sie vermehrt oder vermindert werden müssen.

Der Endpunkt d der Linie $a i d$ liegt an der hintern Gränze des Ciliarkörpers. Bis hierher gelangt ein Strahl, der seitwärts von der äussersten Gränze des Gesichtsfelds auf die Hornhaut fällt. Der äussere Gesichtswinkel eines solchen Strahls, der Halbmesser $d t$ der Kreisfläche, welche der hintere Rand des Ciliarkörpers bildet, und die Entfernung $n t$ des Mittelpunkts dieser Fläche von dem hintern Ende der Augenaxe lassen sich durch Messung bestimmen. Aus den beiden letztern Stücken ergibt sich der innere Gesichtswinkel $d C t$ eines solchen Strahls. Eben dieser Winkel lässt sich aber aus jenem äussern Gesichtswinkel und den gegebenen Dimensionen und brechenden Kräften der durchsichtigen Theile des Auges berechnen. Aus der Vergleichung des Resultats dieser Rechnung mit dem der Messung lässt sich also auf eine zweite Art die Richtigkeit der Erfahrungen über die Brechungen der zur Netzhaut gelangenden Strahlen beurtheilen.

Die krumme Linie $a i d$ hat übrigens durchgängig das Ansehn einer Curve aus der Familie der Cykloiden. Dass sie in der That mit Wahrscheinlichkeit bei allen Wirbelthieren für eine Epicycloide angenommen werden darf, wird sich unten aus den Dimensionen ergeben, die bei diesen Thieren an ihr und dem übrigen Auge gefunden sind.

II.

Dimensionen und strahlenbrechende Kräfte des menschlichen und thierischen Auges.

Bevor sich von den Sätzen des vorigen Abschnitts weitere Anwendungen machen lassen, ist es nöthig, die Zahlenwerthe der einzelnen Faktoren, von welchen die Brechungen im Auge des Menschen und der Thiere abhängen, näher zu bestimmen. Diese sind vorzüglich: Die Halbmesser der vordern und hintern Krümmung der Hornhaut und der Linse; die Dicke der Hornhaut; die Axe der Linse; der Abstand der Hornhaut von der Linse, der Linse von der Netzhaut, und des Mittelpunkts der Iris von der Hornhaut und der Linse in der Augenaxe; der Halbmesser der hintern Krümmung des Glaskörpers; das gegenseitige Verhältniß der Brechungswinkel in der Luft, dem Wasser, der Hornhaut, der wässrigen Flüssigkeit, der Linse und dem Glaskörper, und das Verhältniß, in welchem sich die Pupille bei dem verschiedenen Grade des Lichts und den verschiedenen Entfernungen der Gegenstände erweitert oder verengert.

Um die Bestimmung der Dimensionen des Auges des Menschen und mehrerer Thiere erwarb sich zuerst Petit bleibende Verdienste *). Er untersuchte in Hinsicht auf diesen Punkt eine große Zahl menschlicher Augen und machte auf mehrere Umstände aufmerksam, die auf die Genauigkeit dieser Bestimmung Einfluß haben. Seine Arbeit blieb aber unvollständig, weil er auf die Entfernung der Linse von der Netzhaut und den Halbmesser der Krümmung des Glaskörpers nicht Rücksicht nahm. Einzelne Beiträge zu dieser Materie lieferten Jurin **), Helsham ***), Wintringham †) und Young ††). Hierauf erschienen in D. W. Sömmering's Abhandlung *De oculorum hominis animaliumque sectione horizontali* (Götting. 1818.) die Resultate von Ausmessungen der Augen des Menschen und vieler Thiere, und zuletzt wurden noch von Brewster einige Dimensionen des menschlichen Auges bestimmt †††). Ich habe, was ich über die Verhältnisse des Auges der Thiere bis zur Herausgabe des 6ten Bandes meiner *Biologie* beobachtete, in zwei Tafeln dieses Bandes (S. 459) bekannt gemacht, seit der Ausarbeitung desselben aber diesen Gegenstand weiter verfolgt, neue Materialien dazu gesammelt und meine frühern Angaben nach wiederholten Ausmessungen und Berechnungen verbessert. Die sämtlichen Ergebnisse dieser meiner Untersuchungen findet man in der ersten und zweiten der folgenden Tafeln.

Alle diese Ausmessungen sind keinesweges als so genau anzusehen, wie sie seyn müßten, um unbedingt auf sie bauen zu dürfen. Abgerechnet, daß das Auge gleich nach dem Tode seine Gestalt verändert, so hält es auch schon deswegen sehr schwer, Genauigkeit zu erreichen, weil man mit weichen Theilen zu thun hat, in deren Verhältnissen bei ihrer Kleinheit oft schon einige Zehnthelle einer Linie

*) Mém. de l'Acad. des sc. de Paris. A. 1723. p. 54. A. 1725. p. 18. A. 1726. p. 375. A. 1728. p. 408. A. 1730. p. 4, der 8. Ausg.

**) Essay upon distinct and indistinct vision, p. 141, in Smith's Compleat System of Opticks.

***) A Course of Lectures in Natural Philosophy. London. 1739.

†) Experimental Inquiry on some parts of the animal structure. London. 1740.

††) Philosoph Transact. Y. 1801. p. 23.

†††) Edinburgh Philosoph. Journal. 1819. No. 1. p. 47.

bedeutende Unterschiede machen. Diese Schwierigkeiten mehren sich noch bei den Halbmessern der Krümmungsflächen, die man nur durch Rechnung aus den Sehnen und Sinus versus der Bogen dieser Flächen finden kann. Man muß sich daher mit Mittelzahlen so vieler Ausmessungen wie möglich begnügen, bei denen aber nicht übersehen werden darf, daß in jedem, zum deutlichen Sehen eingerichteten Auge ein eigenes, hierauf abzweckendes Verhältniß der Dimensionen statt finden muß, in welchem nicht die Mittelzahlen gegen einander stehen können.

Für das menschliche Auge enthält die erste der folgenden Tafeln eine Zusammenstellung der Resultate meiner Untersuchungen mit denen der angeführten Schriftsteller und mit Messungen, die Herr Geh. Rath Tiedemann mir handschriftlich mitzuthellen die Güte hatte. Bei den meinigen maafs ich das eine Auge im möglichst frischen Zustande; das zweite, nachdem es achtzehn Stunden in Wasser gelegen hatte, und beide wieder, nachdem sie durch dreitägige Einwirkung des Weingeistes erhärtet worden waren. Am frischen Auge haben die Theile nicht Elasticität genug, sich bei der Behandlung nicht bis auf wenigstens eine halbe Linie auszudehnen. In Wasser schwimmend bekommen sie ihren Turgor wieder, aber nicht ohne einigen Verlust ihrer ursprünglichen Gestalt. In Weingeist werden sie hinreichend fest, um mit Schärfe gemessen werden zu können. Aber von ihrer eigentlichen Gestalt geht darin noch mehr als im Wasser verlohren. Die in den drei Reihen meiner Beobachtungen angegebenen Zahlen sind die mittlern arithmetischen Proportionalzahlen zwischen den Resultaten jener drei Messungen. Diese Reihen weichen in Einem Stück sehr von den übrigen ab. Es erscheint in den beiden ersten derselben der Durchmesser des Augapfels, den man gewöhnlich für kleiner als die Axe angiebt, größer als die Axe, und in der dritten dieser gleich. Ich bin aber gewiß, mich hierin nicht geirret zu haben, und glaube um so mehr, daß die gewöhnliche Meinung, der Augapfel des Menschen sey immer etwas länger als breit, Ausnahmen hat, da auch Petit *) sagt: die Axe sey in vielen Augen, also nicht immer, um eine Viertellinie länger als der Durchmesser.

Die zweite Tafel enthält bloß Ausmessungen von Thieraugen, die von mir selber und soviel wie möglich nach denselben Regeln, nach welchen ich bei Bestimmung der Dimensionen des menschlichen Auges verfuhr, gemacht sind. Sömmering's schätzbare Beobachtungen über diesen Gegenstand werde ich, so weit sie zu meinem Zweck gehören, weiter unten mit den meinigen zusammenstellen. Was Petit darüber bekannt gemacht hat, schien mir nicht bedeutend genug, um es mit aufzunehmen.

In der dritten Tafel findet man die, aus den Versuchen Hawksbee's **), A. Monro's ***), Young's †), Chossat's ††) und Brewster's †††) über die Refraktion der durchsichtigen Theile des Auges sich ergebenden Verhältnißzahlen, und in der vierten die Erfahrungen, die man bisjetzt über die Zusammenziehung der Pupille des Menschen nach der verschiedenen Erleuchtung des Bildes auf der Netzhaut und der Entfernung des Gegenstandes gemacht hat.

In allen diesen Tafeln habe ich die Längenmaafse auf das Pariser Maafs, dessen sich Petit bediente, vermittelst der in Vega's logarithmisch-trigonometrischem Handbuche (S. 277 der 7ten Aufl.) enthaltenen Tabelle gebracht und jede Länge in Zehnthellen der Pariser Linie ausgedrückt.

In den vier ersten Spalten der dritten Tafel sind die von den Verfassern angegebenen Zahlen auf die von Brewster bestimmte, brechende Kraft des reinen Wassers reducirt

*) A. a. O. A. 1725. p. 18 der Aug. in 8.

**) Philos. Transact. Y. 1710. p. 204.

***) Vergleichung des Baues u. der Physiologie der Fische u. s. w. S. 76.

†) Philos. Transact. Y. 1801. p. 41, 42.

††) Bulletin des sc. par la Société philom. de Paris. A. 1718. Juin. p. 94.

†††) Edinburgh Philos. Journal 1819. No. 1. p. 47. Nach Brewster's Angaben berechnete später ein Ungenannter eine Tafel, die sich im Quarterly Journal of Science, Vol. 22, p. 356 findet.

ERSTE TAFEL.

Dimensionen des menschlichen Auges.

Theile des Auges. Tab. III. F. 44.	Nach <i>Petit</i> .	Nach verschiedenen Schriftstellern	Nach <i>Sömmering</i> . An einem 18 jährigen Mädchen.	Nach <i>Tiedemann</i> .			Nach dem Verfasser.			Mittel- zahlen.
				An einem 40 jähr. Mann. 30 Stun- den n. d. Tode.	An einem 21 jähr. Weibe. 32 Stun- den n. d. Tode.	An einem andern Weibe.	An einer 60 jährigen Jungfer.	An einem 22 jährigen Matrosen.	An einem 30 jährigen Selbstmörder.	
A F. Axe der äussern Seite des Augapfels	102 bis 119	120 (<i>Jurin</i>)	100	110	100	105	97	105	110	106, 8
L S. Durchmesser dieser Seite	100 bis 115	125 (<i>Young</i>)	95	97, 5	97, 5	102	101	119	110	107, 1
C' c. Axe der innern Seite des Augapfels							90	91	103	94, 7
l s. Durchmesser dieser Seite			87				95	96	102	95
A c'. Dicke der Sklerotika in der Nähe des hintern Endes der Augenaxe .		3, 2 (<i>Jurin</i>)					4	8	5, 4	5, 1
L l. Dicke der Sklerotika am hintern Rande des Ciliar- körpers							2	3	4, 5	3, 16
F c. Dicke der Hornhaut in ihrer Mitte	1, 6 bis 2, 5	5, 2 (<i>Brewster</i>)					3	4	5, 4	3, 61
M m. Dicke der Hornhaut an ihrem Rande	2, 5 bis 3, 3						5	6	7, 1	4, 78
M N. Sehne des grössten äus- sern, horizontalen Bogens der Hornhaut	50 bis 55	61, 8 (<i>Young</i>) 51, 1 (<i>Brewster</i>)	45	52, 5	50	55	56	55	55	53, 3
d F. Sinus versus dieses Bogens				22, 5	12, 5	15	14	11, 6	14	14, 9
m n. Sehne des grössten innern, horizontalen Bogens der Hornhaut							47	43	44	44, 6
d c. Sinus versus dieses Bogens							11	7	8, 9	9, 56
Radius des grössten äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut	35 bis 37	39, 6 (<i>Young</i>)	33	26, 5	31, 2	32, 7	34	36	34	33, 9
Radius des grössten innern, horizontalen Bogens der Hornhaut							28	35, 8	31	31, 6
Sehne des grössten äussern, vertikalen Bogens der Hornhaut		56, 4 (<i>Young</i>)						45	50	50, 5
a c. Abstand der Linse von der Hornhaut in der Augenaxe	12, 5	11 (<i>Helsham</i>) 11 (<i>Wintringham</i>) 15, 3 (<i>Young</i>)	13				11	11	8, 9	11, 7
d c Abstand des Mittelpunkts der Iris von der hintern Fläche der Hornhaut in der Augenaxe	10, 38									
d a. Abstand des Mittelpunkts der Iris von der vordern Fläche der Linse in der Augenaxe	2, 12									
a q. Axe der Linse	20 bis 22, 5	22 (<i>Brewster</i>)	16	17, 5	25		22	18	21	20, 4
w i. Durchmesser der Linse	40	48, 2 (<i>Brewster</i>)	36	40	40		40	37	40	40, 1

ERSTE TAFEL.

Theile des Auges. Tab. III. F. 44.	Nach <i>Petit.</i>	Nach verschiedenen Schriftstellern	Nach <i>Sommering.</i> An einem 18 jährigen Mädchen	Nach <i>Tiedemann.</i>			Nach dem Verfasser.			Mittel- zahlen.
				An einem 40 jährigen Mann.	An einem 21 jährigen Weibe.	An einem andern Weibe.	An einer 60 jährigen Jungfer.	An einem 22 jährigen Matrosen.	An einem 30 jährigen Selbstmörder.	
a t. Abstand des vordern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser der Linse				7, 5	10		9	6, 3	8, 9	8, 34
t q. Abstand des hintern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser derselben				10	15		13	9, 9	12, 5	12, 08
Radius der vordern Krümmung der Linse	30 bis 45	29, 4 (<i>Helsham</i>)	42	30, 4	25		26	30	26	31, 53
Radius der hintern Krümmung der Linse	25	22, 3 (<i>Helsham</i>)	24	25	21		20	22	20, 8	22, 51
x z. Axe des Kerns der Linse							8	10, 7		9, 85
v r. Durchmesser des Kerns der Linse							24	19		21, 5
a x. Entfernung der vordern Fläche des Linsenkerens von der vordern Fläche der Linse in der Augenaxe							5	4, 5		4, 75
z q. Entfernung der hintern Fläche des Linsenkerens von der hintern Fläche der Linse in der Augenaxe							9	5, 4		7, 2
G H. Durchmesser des vordern Randes des Ciliarkörpers				52, 5			44, 5	45	50	48
O P. Durchmesser des hintern Randes des Ciliarkörpers				87, 5			80	90		85, 8
O G. Mittlere Breite des Ciliar- körpers							18	22	26	22
q c'. Abstand der hintern Fläche der Linse von der inwen- digen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe. (Axe des Glaskörpers).		66, 7 (<i>Helsham</i>)	62		55		56	60	70	61, 6
K c'. Abstand des Durchmes- sers des Augapfels von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe								36	43	39, 5
f c'. Abstand des Durchmes- sers des hintern Randes des Ciliarkörpers von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe								60		
$\pi \sigma$. Durchmesser der Sieb- platte des Sehnerven							8	6, 3	8, 9	7, 73
$\tau c'$. Abstand des Mittelpunkts der Siebplatte vom hintern Ende der innern Augenaxe					12, 5	13, 7	14		12, 5	13, 17
τP . Abstand des Mittelpunkts der Siebplatte vom hintern Rand des Ciliarkörpers am äussern Augenwinkel .				97, 5	72, 5	77, 5	79	80	90	82, 7
τO . Der nehmliche Abstand am innern Augenwinkel				87, 5	67, 5	72, 5	70	73	82	75, 4
Radius der hintern Krümmung des Glaskörpers . . .			44				51	57	73	56, 2

ZWEITE TAFEL.

Dimensionen des Auges von Thieren,
nach des Verfassers Untersuchungen.

Theile des Auges.	S ä u g t h i e r e.								
Tab. III. F. 44.	Simia Capucina.	Canis Vulpes.	Ursus Arctos.	Meles Taxus.	Mustela Foina.	Lutra vulgaris.	Didelphis virginiana.	Erinaceus europaeus.	Mus amphibius.
A F. Axe der äussern Seite des Augapfels	80	86	68	46	53	49	51	23	32
L S. Durchmesser dieser Seite	81	91	71	42	53	53	47	23	27, 6
c' c. Axe der innern Seite des Augapfels	77	77	60	39	45	44	42	22	28
l s. Durchmesser dieser Seite	78	85	67	37	48	49	46	22	28, 8
F c. Dicke der Hornhaut in ihrer Mitte	1, 3	2, 7	7, 6	7, 7	5, 3	5, 3	8, 9		2, 7
M m. — — — an ihrem Rande	2	6, 2	4, 5	1, 5	3	1, 7			3, 1
M N. Sehne des grössten, äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut	42	71, 6	52	37	44	41			27, 6
d F. Sinus versus dieses Bogens	12, 5	26, 8	18, 8	13	23, 2	13, 3			13, 3
m n. Sehne des grössten, innern, horizontalen Bogens der Hornhaut	38	63, 6	43	33	38	37, 5	40	21, 4	21, 4
d c. Sinus versus dieses Bogens	11	24, 1	9, 8	5, 3	17, 9	8	9, 7	10, 6	10, 6
Radius des grössten, äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut	24	37, 7	27	19	23	26	20		14
Radius des grössten, innern, horizontalen Bogens der Hornhaut	22	32	28	28	25	29	25	11	10
a c. Abstand der Linse von der Hornhaut in der Augenaxe	10	14	10	4	7	4	3, 5	1	6, 3
a q. Axe der Linse	20	39	27	20, 5	26	21	33	12, 4	18
w i. Durchmesser der Linse	33	50	36	26	31	26	36	16	20
a t. Abstand des vordern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser derselben	6, 3	20, 5	12, 5	8, 5	12, 4	8, 1	16, 9	6, 2	9
t q. Abstand des hintern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser derselben	10, 7	16, 9	14, 3	12	14, 2	12, 5	16	8	9
Radius der vordern Krümmung der Linse	25	25	20	20, 5	15, 8	13	17	8	10, 4
Radius — hintern — — — —	17	27	18, 7	28	15, 6	12	17	8	10, 4
x z. Axe des Kerns der Linse		20	17	14	15, 6	12, 4			12, 9
v r. Durchmesser des Kerns der Linse		30, 5	27	18, 7	17, 3	12			14, 2
a x. Entfernung der vordern Fläche des Linsen- kerns von der vordern Fläche der Linse in der Augenaxe		12	6	5	0, 8	7			2, 4
z q. Entfernung der hintern Fläche des Linsen- kerns von der hintern Fläche der Linse in der Augenaxe		7	4	2	0, 6	2			2, 4
O P. Durchmesser des hintern Randes des Ciliar- körpers	75	84	61	36	48	44			
O G. Mittlere Breite des Ciliarkörpers	22	19	21, 5	11, 5	8, 9	11, 5			1, 7
q c'. Abstand der hintern Fläche der Linse von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	45	24	25	17	12	19	5	9	4, 5

Z W E I T E T A F E L.

Theile des Auges.

Tab. III. F. 44.

k c'. Abstand des Durchmessers des Augapfels von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	29	36	25	23	18	23		18, 7
f c'. Abstand des Durchmessers des hintern Randes des Ciliarkörpers von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	45	37	30	24	20	27		
$\pi \sigma$. Durchmesser der Siebplatte des Sehnerven	6	7	5, 4	5, 3	4, 4	5, 3		5, 3
$\tau c'$. Abstand des Mittelpunkts der Siebplatte vom hintern Ende der innern Augenaxe		13	4					5, 3
τP . Größter Abstand des Mittelpunkts der Siebplatte vom hintern Rand des Ciliarkörpers	60	61	44	32	34, 8	36, 6		21, 4
τo . Der nehmliche Abstand auf der entgegengesetzten Seite	55	46	42, 9	27	31, 6	35, 8		20, 5
Radius der hintern Krümmung des Glaskörpers	45	48	38	17	24	26		

S ä u g t h i e r e.

Simia Capucina.	Canis Vulpes.	Ursus Aretos.	Meles Taxus.	Mustela Foina.	Lutra vulgaris.	Didelphis virginiana.	Erinaceus europaeus.	Mus amphibius.
29	36	25	23	18	23			18, 7
45	37	30	24	20	27			
6	7	5, 4	5, 3	4, 4	5, 3			5, 3
	13	4						5, 3
60	61	44	32	34, 8	36, 6			21, 4
55	46	42, 9	27	31, 6	35, 8			20, 5
45	48	38	17	24	26			

Theile des Auges.

Tab. III. F. 44.

A F. Axe der äussern Seite des Augapfels . .	27, 7	44	43	129	149	89		124
L S. Durchmesser dieser Seite	27	43	47	140	173	122		151
c' c. Axe der innern Seite des Augapfels . .	27	40	41	113	129	58	141	86
l s. Durchmesser dieser Seite	25	40	43, 8	125	170	111	211	124
F c. Dicke der Hornhaut in ihrer Mitte . .	0, 9	3, 5	0, 9		13	13	6, 2	3, 5
M m. — — — — an ihrem Rande . .	0, 4	2, 2	0, 7		5 u. 2	21	11, 6	8, 9
M N. Sehne des größten äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut	23, 3	32, 1	34, 8		113	78	130	86
d F. Sinus versus dieses Bogens	11, 6	10, 6	12, 4		32	18	27	14, 2
m n. Sehne des größten innern, horizontalen Bogens der Hornhaut	22, 4	27, 6	33, 4	108	104	36	107	68
d c. Sinus versus dieses Bogens	10, 7	7, 1	11, 5	30	18, 8	5	20, 5	10, 6
Radius des größten äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut	11, 6	19	18		66	52	103	71
Radius des größten innern, horizontalen Bogens der Hornhaut	11	22	17, 8	63	82	31	89	60
a c. Abstand der Linse von der Hornhaut in der Augenaxe	4, 5	10, 6	5, 3	11, 5	8	4	19, 7	9, 8
a q. Axe der Linse	16, 2	20, 5	25	54	59	40	50	38
w i. Durchmesser der Linse	18	24	27	57	76	44, 7	62	45
a t. Abstand des vordern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser derselben .	8		13, 3	18, 7	25	19, 6	22, 3	17
t q. Abstand des hintern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser derselben .	8		15, 1	33	34	20, 5	27, 7	21
Radius der vordern Krümmung der Linse . .	9, 7	15	13	33	45	20	33	24
— — hintern — — — . .	8	10	13	30	37, 7	21	32	21

S ä u g t h i e r e.

Cricetus vulgaris.	Sciurus vulgaris.	Cavia Cobaya.	Capra Ovis.	Bos Taurus.	Trichecus Rosmarus.	Balaena Mysticetus	Monodon Narwal.	
27, 7	44	43	129	149	89		124	
27	43	47	140	173	122		151	
27	40	41	113	129	58	141	86	
25	40	43, 8	125	170	111	211	124	
0, 9	3, 5	0, 9		13	13	6, 2	3, 5	
0, 4	2, 2	0, 7		5 u. 2	21	11, 6	8, 9	
23, 3	32, 1	34, 8		113	78	130	86	
11, 6	10, 6	12, 4		32	18	27	14, 2	
22, 4	27, 6	33, 4	108	104	36	107	68	
10, 7	7, 1	11, 5	30	18, 8	5	20, 5	10, 6	
11, 6	19	18		66	52	103	71	
11	22	17, 8	63	82	31	89	60	
4, 5	10, 6	5, 3	11, 5	8	4	19, 7	9, 8	
16, 2	20, 5	25	54	59	40	50	38	
18	24	27	57	76	44, 7	62	45	
8		13, 3	18, 7	25	19, 6	22, 3	17	
8		15, 1	33	34	20, 5	27, 7	21	
9, 7	15	13	33	45	20	33	24	
8	10	13	30	37, 7	21	32	21	

Z W E I T E T A F E L.

Theile des Auges.

Tab. III. F. 44.

S ä u g t h i e r e.

	Cricetus vulgaris.	Sciurus vulgaris.	Cavia Cobaya.	Capra Ovis.	Bos Taurus.	Trichecus Rosmarus.	Balaena Mysticetus.	Monodon Narhwal.	
x z. Axe des Kerns der Linse	11, 6	11, 5	11, 5		38	33, 5	37, 5	29	
v r. Durchmesser des Kerns der Linse	13, 4	13, 3	12, 4		51	35	44, 7	40	
a x. Entfernung der vordern Fläche des Linsen- kerns von der vordern Fläche der Linse in der Augenaxe	3, 3	4, 4	6, 7		10, 6	4, 4	9, 8	7, 2	
z q. Entfernung der hintern Fläche des Linsen- kerns von der vordern Fläche der Linse in der Augenaxe	1, 3	4, 4	6, 7		10, 6	2, 2	2, 7	1, 8	
O P. Durchmesser des hintern Randes des Ciliar- körpers	21, 5	35			150	111	190		
O G. Mittlere Breite des Ciliarkörpers	2, 7	7, 1	9, 7		48, 4	23, 3	45	22	
q c'. Abstand der hintern Fläche der Linse von der in- wendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	6, 3	13	13	47	62	13	71	37	
k c'. Abstand des Durchmessers des Augapfels von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	13, 4	17, 9	14		60	52	85	53	
f c'. Abstand des Durchmessers des hintern Ran- des des Ciliarkörpers von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	15, 2	22			85	52	103		
π σ. Durchmesser der Siebplatte des Sehnerven					8	7, 0	18	13	
τ c'. Abstand des Mittelpunkts der Siebplatte vom hintern Ende der innern Augenaxe	1, 8	11, 5			37	9, 8			
τ P. Größter Abstand des Mittelpunkts der Sieb- platte vom hintern Rand des Ciliarkörpers	19, 7	38	31, 2		146	74	158	84	
τ O. Der nehmliche Abstand auf der entgegenge- setzten Seite	18	25	22, 3		83	65	141	80	
Radius der hintern Krümmung des Glaskörpers		28	28, 5		104	73	93	78	

Theile des Auges.

Tab. III. F. 44.

V ö g e l.

	Falco Buteo.	Falco Lagopus.	Falco aeruginosus	Falco Nisus.	Strix brachyotos.	Lanius Excubitor.	Ampelis garrulus.	Oriolus Galbula.	Loxia curvirostra.
A F. Axe der äussern Seite des Augapfels	99	107	84		80	49		46	33
L S. Durchmesser dieser Seite	117	129	95		91	57		65	37, 6
c' c. Axe der innern Seite des Augapfels	93	104	76	66	76		36	36	29, 5
l s. Durchmesser dieser Seite	109	116	93	73	89		44	54	34
F c. Dicke der Hornhaut in ihrer Mitte	4, 4	2			7	2		0, 8	0, 2
M m. — — — — an ihrem Rande	5	5			4, 5			1, 3	1, 8
M N. Sehne des grössten äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut	54	59			54	28, 6		27, 7	18
d F. Sinus versus dieses Bogens	19, 7	19			29, 5	10, 7		9, 8	7, 0
m n. Sehne des grössten innern, horizontalen Bogens der Hornhaut	47	49	36, 7	36	45		23	25	14, 3
d c. Sinus versus dieses Bogens	14	17	9, 8	9, 9	22, 5		8	9	6, 8
Radius des grössten äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut	28	32			27	14, 9		14, 6	9, 1

Z W E I T E T A F E L.

Theile des Auges. Tab. III. F. 44.	V ö g e l.								
	Falco Buteo.	Falco Lagopus.	Falco aeruginosus	Falco Nisus.	Strix brachyotos.	Lanius Excubitor.	Amphisp. garrulus.	Oriolus Galbula.	Loxia curvirostra.
Radius des größten innern, horizontalen Bogens der Hornhaut	26	26	23	20	22		12, 5	13, 2	7, 2
a c. Abstand der Linse von der Hornhaut in der Augenaxe	16	22	15		12		9, 8	9	5, 5
a q. Axe der Linse	33	31	27	22	40	17	13, 4	17, 9	13, 3
w i. Durchmesser der Linse	50	46	36	32	46	25	21, 5	25	17
a t. Abstand des vordern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser derselben			9		20			8, 1	5, 3
t q. Abstand des hintern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser derselben			18		20			9, 8	8, 0
Radius der vordern Krümmung der Linse	43	54	22	15	23			16	11, 5
— — hintern — — — —	23	38	18	14	23			13	8, 0
x z. Axe des Kerns der Linse		22							4, 4
v r. Durchmesser des Kerns der Linse		29							4, 4
a x. Entfernung der vordern Fläche des Linsen- kerns von der vordern Fläche der Linse in der Augenaxe		9							5, 3
z q. Entfernung der hintern Fläche des Linsen- kerns von der hintern Fläche der Linse in der Augenaxe		0							3, 6
O P. Durchmesser des hintern Randes des Ciliar- körpers								50	32
G O. Mittlere Breite des Ciliarkörpers	43	40, 5	27	21	24	11, 6		14, 5	8
q c'. Abstand der Linse von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	46	51	40	20	26		14, 3	8, 9	10, 7
k c'. Abstand des Durchmessers des Augapfels von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	36, 7							24	14
f c'. Abstand des Durchmessers des hintern Ran- des des Ciliarkörpers von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe								27	18
$\pi \sigma$. Durchmesser der Siebplatte des Sehnerven	4, 5								
$\tau c'$. Abstand des Mittelpunkts der Siebplatte vom hintern Ende der innern Augenaxe									
τP . Größter Abstand des Mittelpunkts der Sieb- platte vom hintern Rand des Ciliarkörpers	88	86						45	27
τO . Der nehmliche Abstand auf der entgegenge- setzten Seite	54	75						28	23
Radius der hintern Krümmung des Glaskörpers									17
τE . Länge der Basis des schwarzen Fächers	45, 6	52	29	16	24	23		31	20, 5
$\lambda \gamma$. Höhe desselben	27	34		16	18	16		15	8, 0
$\lambda \beta$. Kleinster Abstand desselben von der Linse	19		16	0	0			0	0

Z W E I T E T A F E L.

Theile des Auges.

Tab. III. F. 44.

V ö g e l.

	Corvus Coroné.	Corvus Cornix.	Corvus glandarius.	Picus viridis.	Psittacus leucocephalus.	Psittacus rufirostris.	Meleagris Gallapavo.	Ardea cinerea.	Ardea Nycticorax.
A F. Axe der äussern Seite des Augapfels . .	66		61	47	51, 8	38	75		74
L S. Durchmesser dieser Seite	82		72	58	63, 5	45	102		95
c' c. Axe der innern Seite des Augapfels . .	63	70	57, 5	39, 6	50, 1	40	72	85	71
l s. Durchmesser dieser Seite	78	85	69	54	61, 7	44	97	91	89
F c. Dicke der Hornhaut in ihrer Mitte . .	0, 4	4	0, 9	0, 9	0		3, 5		3, 5
M m. — — — — an ihrem Rande . .	0, 8		1, 3	1, 8			4, 4		
M. N. Sehne des grössten, äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut	35		33	33, 9	31, 3	20, 6	45		54
d F. Sinus versus dieses Bogens	8, 5		11, 6	9, 8	10, 7	6, 2	14, 5		29, 5
m n. Sehne des grössten, innern, horizontalen Bogens der Hornhaut	33	45	30, 4	30, 3	31, 3	20, 6	40	45	46, 5
d c. Sinus versus dieses Bogens	8	16	10, 7	8, 9	10, 7	6, 2	10, 7	12, 5	26
Radius des grössten, äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut	22		17, 4	19	16	11	25		27
Radius des grössten, innern, horizontalen Bogens der Hornhaut	21	23	16	17	16	11	23	26	23
a c. Abstand der Linse von der Hornhaut in der Augenaxe	9		10, 7	3, 6	9	7	8, 9	9	11, 6
a q. Axe der Linse	21	28	21, 4	16	18	17, 9	24	31, 3	40, 3
w i. Durchmesser der Linse	34	36	29	19, 7	22, 4	19	34	50	47
a t. Abstand des vordern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser derselben		6, 3	8, 9	7, 2	7, 1	5, 4	10, 7	12, 5	18, 8
t q. Abstand des hintern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser derselben		21, 5	12, 5	8, 9	10, 7	12, 5	13, 4	18, 8	21, 5
Radius der vordern Krümmung der Linse . .	22	17	22, 4	19	12	11	24	31	24
— — hintern — — — — . .	20	16	15, 2	9	11	10	17	26	23
x z. Axe des Kerns der Linse	14, 3		14, 3	11, 7			17, 8		9, 7
v r. Durchmesser des Kerns der Linse	26		21, 5	10, 7			27		9, 7
a x. Entfernung der vordern Fläche des Linsen- kerns von der vordern Fläche der Linse in der Augenaxe	5, 4		6, 2	3, 7			6, 2		16
z q. Entfernung der hintern Fläche des Linsen- kerns von der hintern Fläche der Linse in der Augenaxe	0, 9		0, 9	0, 1			0		17, 9
O P. Durchmesser des hintern Randes des Ciliar- körpers	68		65	43	49		92		
G O. Mittlere Breite des Ciliarkörpers	22		20, 5	14, 8	16	15	32, 5		20
q c'. Abstand der Linse von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	33		25, 4	20	23, 2	14	40	45	19
k c'. Abstand des Durchmessers des Augapfels von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	32		28	20	25		34		44
f c'. Abstand des Durchmessers des hintern Randes des Ciliarkörpers von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe			34	29, 5	29		40		

Z W E I T E T A F E L.

Theile des Auges. Tab. III. F. 44.	V ö g e l.							
	Corvus Corone.	Corvus Cornix.	Corvus glandarius.	Picus viridis.	Psittacus leucocephalus.	Psittacus rufirostris.	Meleagris Gallinavo.	Ardea cinerea.
$\pi \sigma$. Durchmesser der Siebplatte des Sehnerven								
$\tau c'$. Abstand des Mittelpunkts der Siebplatte vom hintern Ende der innern Augenaxe . . .	23, 3			15	17			
τP . Größter Abstand des Mittelpunkts der Siebplatte vom hintern Rand des Ciliarkörpers	65		58	40, 3	49		74	73
τO . Der nehmliche Abstand auf der entgegengesetzten Seite	34		30	27, 7	31		50	32
Radius der hintern Krümmung des Glaskörpers	32		24	24, 5	32		41	
τE . Länge der Basis des schwartzen Fächers .	36	27	32	18	25	16	43	40
$\lambda \gamma$. Höhe desselben	22	23	18	15	18	13	19	19
$\lambda \beta$. Kleinster Abstand desselben von der Linse	9		6	0	5	0	10	7

Theile des Auges. Tab. III. F. 44.	V ö g e l.							
	Ardea stellaris.	Ardea Ciconia.	Rallus Crex.	Sterna fissipes.	Larus tridactylus.	Larus (cyanorhynchusMeierf)	Anas Cygnus mans.	Anas Anser mans.
A F. Axe der äussern Seite des Augapfels . .	67			47	75		75	
L S. Durchmesser dieser Seite	84			56	88		90	
$c' c$. Axe der innern Seite des Augapfels . .	64	82	34		71	66	71	64
l s. Durchmesser dieser Seite	81	113	54		84	85	81	87
F c. Dicke der Hornhaut in ihrer Mitte . .	0	2, 6			0, 8		1	
M m. — — — an ihrem Rande . .		3, 5			1, 2		1, 3	
M N. Sehne des größten, äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut	40	65			39, 4		44	
d F. Sinus versus dieses Bogens	12, 5	23, 2			15		15	
m n. Sehne des größten, innern, horizontalen Bogens der Hornhaut	40	59	21, 5	27	36, 7	32	41	46
d c. Sinus versus dieses Bogens	12, 5	20, 6	8	10, 7	14, 3	9	14	13, 4
Radius des größten, äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut	22	33			20		23	
Radius des größten, innern, horizontalen Bogens der Hornhaut	22	31	12	14	18, 8	19	22	26
a c. Abstand der Linse von der Hornhaut in der Augenaxe	10	22	9	14	16	10, 7	10	18
a q. Axe der Linse	22, 3	29	15, 2	18	25, 9	19, 7	27	28
w i. Durchmesser der Linse	30	41	21, 5	27	36	30	33	36
a t. Abstand des vordern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser derselben . . .	9, 8		5, 4		11, 6	6, 5	9	11
t q. Abstand des hintern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser desselben . . .	12, 5		9, 8		14, 3	13	18	17
Radius der vordern Krümmung der Linse . .	12, 5	26	13, 5	9	27	20, 6	20	20
— — hintern — — — . .	9	23	12	11	16	15	17	18

Z W E I T E T A F E L.

Theile des Auges. Tab. III. F. 44.	V ö g e l.							
	Ardea stellaris.	Ardea Ciconia.	Rallus Crex.	Sterna fissipes.	Larus tridactylus.	Larus (cyanorhyn- chos Meier?)	Anas Cygnus mans.	Anas Anser mans.
x z. Axe des Kerns der Linse		24			13, 4			
v r. Durchmesser des Kerns der Linse		37			16			
a x. Entfernung der vordern Fläche des Linsen- kerns von der vordern Fläche der Linse in der Augenaxe		3			7, 2			
z q. Entfernung der hintern Fläche des Linsen- kerns von der hintern Fläche der Linse in der Augenaxe		2			5, 4			
O P. Durchmesser des hintern Randes des Ciliar- körpers	76	109			77			
G O. Mittlere Breite des Ciliarkörpers	25	30, 5	18	19	28	27	27	18
q c'. Abstand der Linse von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	32	31	9, 8	14	29	35, 8	34	18
k c'. Abstand des Durchmessers des Augapfels von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	31	45			31		32	
f c'. Abstand des Durchmessers des hintern Randes des Ciliarkörpers von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	40				36			
π σ. Durchmesser der Siebplatte des Sehnerven					5, 0			
τ c'. Abstand des Mittelpunkts der Siebplatte vom hintern Ende der innern Augenaxe	19	31			15			
τ P. Größter Abstand des Mittelpunkts der Sieb- platte vom hintern Rand des Ciliarkörpers	63	94			63		59	
τ O. Der nehmliche Abstand auf der entgegen- gesetzten Seite	31	55			45		39	
Radius der hintern Krümmung des Glaskörpers	31	63			55		37	
τ E. Länge der Basis des schwartzen Fächers	34	53	19	20	36	31	30	27
λ γ. Höhe desselben	19	28	14	18	23	22	22	
λ β. Kleinster Abstand desselben von der Lisne	6	0	0	0	0	0	11	0

Theile des Auges. Tab. III. F. 44.	A m p h i b i e n.				F i s c h e.		
	Testudo (Caretta) imbricata Merr.	Testudo (Chersine) tessellata M.	Testudo (Terrapene) clausa M.	Coluber Lichten- steinii M.	Gadus Aeglefinus.	Trigla Hirundo.	Cyclopterus Lumpus.
A F. Axe der äussern Seite des Augapfels	81	38, 5	32		92	85	58
L S. Durchmesser dieser Seite	106	45	36		104	104	66
c' c. Axe der innern Seite des Augapfels	69	33		21, 5	71	56	37
l s. Durchmesser dieser Seite	95	40		26, 8	101	88	54
F c. Dicke der Hornhaut [der innern bei den Schlangen*)] in ihrer Mitte	0	2, 3		4, 4	0, 08	0, 4	0, 2
M m. Dicke der Hornhaut [der innern bei den Schlangen] an ihrem Rande		2, 7		1, 8		0, 3	
M N. Sehne des größten, äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut [der innern bei den Schlangen]	27, 7	19, 7		25	72	72	49

*) Die Schlangen haben eine doppelte Hornhaut: eine äussere, hornartige, sehr dünne, und eine innere, die viel weicher, aber weit dicker als die äussere ist.

Z W E I T E T A F E L.

Theile des Auges. Tab. III. F. 44.	A m p h i b i e n.				F i s c h e.		
	Testudo (Caretta) imbricata Merr.	Testudo (Chersine) tessellata M.	Testudo (Terrapene) clausa. M.	Coluber Lichten- steinii M.	Gadus Aeglefinus.	Trigla Hirundo.	Cyclopterus Lumpus.
d.F. Sinus versus dieses Bogens	6, 2	7, 2		7, 1	5, 4	9, 8	3, 2
m n. Sehne des größten innern, horizontalen Bogens der Hornhaut [der innern bei den Schlangen]	27, 7	14, 3	19, 7	21, 5	72	63	49
d c. Sinus versus dieses Bogens	6, 2	4, 9	5, 3	2, 7	5, 4	9, 4	3, 2
Radius des größten äussern, horizontalen Bogens der Hornhaut [der innern bei den Schlangen]	18	10, 4		14, 5	109	63	85
Radius des größten innern, horizontalen Bogens dieser Hornhaut	18	7, 8	11	22	109	51	85
Sehne des größten horizontalen Bogens der äussern Hornhaut bei den Schlangen				35, 8			
Sinus versus dieses Bogens				10, 7			
Radius dieser Hornhaut				64			
a c. Abstand der Linse von der Hornhaut [der innern bei den Schlangen] in der Augenaxe	7, 2	8, 0		1, 8	0, 5	8	5
a q. Axe der Linse	22, 3	13, 3	10, 8	15	54	38	23
w i. Durchmesser der Linse	24	15, 2	13, 4	16	54	38	24
a t. Abstand des vordern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser derselben	9, 8	5, 3	3, 6	7, 6	27	19	12, 4
t q. Abstand des hintern Endes der Axe der Linse von dem Durchmesser derselben	12, 5	8, 0	7, 2	7, 6	27	19	10, 6
Radius der vordern Krümmung der Linse	12, 2	8, 0	8, 0	8, 0	27	19	10
— — hintern — — —	11, 6	7, 6	6, 0	8, 0	27	19	10
x z. Axe des Kerns der Linse						25	11, 4
v r. Durchmesser des Kerns der Linse						25	11, 6
a x. Entfernung der vordern Fläche des Linsen- kerns von der vordern Fläche der Linse in der Augenaxe						8, 5	7, 6
z q. Entfernung der hintern Fläche des Linsen- kerns von der hintern Fläche der Linse in der Augenaxe						4, 5	4
O P. Durchmesser des hintern Randes des Ciliar- körpers, oder des vordern der Netzhaut	89	35			93		
G O. Mittlere Breite des Ciliarkörpers	30	10, 6		0	0	0	0
q c'. Abstand der Linse von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	39, 4	11, 7	13, 4	4, 7	16	10	9
k c'. Abstand des Durchmessers des Augapfels von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	36	12, 5			55	36	27
f c'. Abstand des Durchmessers des hintern Ran- des des Ciliarkörpers von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe	49	21, 5					
π σ. Durchmesser der Siebplatte des Sehnerven							
τ c'. Abstand des Mittelpunkts der Siebplatte vom hintern Ende der innern Augenaxe	25				56		
τ P. Größter Abstand des Mittelpunkts der Sieb- platte vom hintern Rand des Ciliarkörpers	77	35			76	63	44
τ O. Der nehmliche Abstand auf der entgegenge- setzten Seite	42	20, 6			67	57	28
Radius der hintern Krümmung des Glaskörpers	38	19, 7				74	

DRITTE TAFEL.

**Strahlenbrechende Kräfte der durchsichtigen Theile des Auges
des Menschen und einiger Thiere, verglichen mit denselben
Kräften der Luft und des Wassers.**

Strahlenbrechende Kraft	Nach	<i>Hawksbee,</i>	<i>A. Monro.</i>	<i>Th. Young,</i>	<i>Chossat,</i>	<i>Brewster,</i>	einer spätern Berechnung der von <i>Brewster</i> gefundenen Zahlen.
der atmosphärischen Luft		1, 0000	1, 0000	1, 0000	1, 0000	1, 0000	1, 0002
des reinen Wassers		1, 3358	1, 3358	1, 3358	1, 3358	1, 3358	1, 336
der wässrigen Flüssigkeit des Menschen					1, 338	1, 3366	
der ganzen Linse — —					1, 384	1, 3839	
der äussern Lage der Linse — —					1, 338	1, 3767	
der mittlern — — — — — —					1, 393	1, 3786	
des Kerns — — — — —				1, 4025	1, 420	1, 3999	
der Glasfeuchtigkeit — —					1, 339	1, 3394	1, 336
der wässrigen Flüssigkeit des Ochsen		1, 3359	1, 3358				
der ganzen Linse — —		1, 4632	1, 4747				1, 447
der äussern Lage der Linse — —			1, 4293				
des Kerns — — — — —			1, 5425				
der Glasfeuchtigkeit — —			1, 3571				
der Hornhaut des Lammes							1, 386
der äussern Lage der Linse — —							1, 386
der mittlern — — — — — —							1, 428
des Kerns — — — — —							1, 436
der Glasfeuchtigkeit — —							1, 345
der Linse der Taube							1, 406
der Glasfeuchtigkeit — —							1, 353
der wässrigen Flüssigkeit des Kabljau							1, 341
der ganzen Linse — —			1, 5492				
der äussern Lage der Linse — —			1, 5228				1, 410
der mittlern — — — — — —							1, 439
des Kerns — — — — —			1, 5929				
der Glasfeuchtigkeit — —			1, 3531				1, 340

VIERTE TAFEL.

Verhältnisse der Weite der Pupille zur Entfernung und Grösse des Objekts.

L a m b e r t ' s E r f a h r u n g e n .

Lambert *) liefs das Licht eines reinen, heitern Himmels von der Seite, die der Sonne abgewandt war, durch eine kreisförmige Oeffnung des Fensterladens eines verfinsterten Zimmers, deren Weite 0,151 Pariser Fufs betrug, in das Zimmer fallen, heftete aus verschiedenen Entfernungen den Blick solange auf die erleuchtete Oeffnung, bis sich die Pupille der Grösse und Entfernung dieses Objekts gemäß verengert oder erweitert hatte, und maafs dann mit einem Cirkelinstrument auf einem vor sich gehaltenen Spiegel den scheinbaren Durchmesser der Pupille. Der wahre Durchmesser war, nach den Gesetzen der Zurückwerfung der Strahlen, halb so grofs als der scheinbare und wurde von Lambert, nach seiner Methode, Irrthümer bei Beobachtungen zu berichtigen, verbessert. So entstand die folgende Tafel, in welcher der Durchmesser der Pupille in Zehntheilen der Pariser Linie angegeben ist, von denen 47 auf den Durchmesser der Iris gingen, und worin ich den, von Lambert angegebenen Zahlen die Werthe des Durchmessers der Pupille in Decimaltheilen des, zur Einheit angenommenen Durchmessers der Iris beigefügt habe.

Entfernung des Objekts in Pariser Schuhen.	Äusserer Sehwinkel.	Durchmesser der Pupille in Zehntheilen der Pariser Linie.	Halbmesser der Pupille in Zehntheilen des Durchmessers der Iris.
1	8° 36'	11, 3	0, 120
2	4° 20'	14, 4	0, 154
3	2° 53'	17, 0	0, 180
4	2° 10'	19, 3	0, 205
5	1° 44'	21, 5	0, 228
6	1° 26½'	23, 6	0, 251
7	1° 14'	25, 6	0, 272
8	1° 5'	27, 5	0, 292
9	0° 58'	29, 3	0, 311
10	0° 52'	31, 0	0, 329

O l b e r s ' s E r f a h r u n g e n .

Olbers **) machte bei seinen Versuchen das Auge selber in einem vorgehaltenen Spiegel zum Objekt, und maafs den Durchmesser der Pupille nicht auf Lambert's Weise, bei welcher genaue Messungen unmöglich waren, auf dem Spiegel, sondern auf der Hornhaut, indem er dieser die Spitze eines Cirkelinstruments so nahe wie möglich brachte. Die gefundenen Zahlen wurden nach Lambert's Methode berichtigt. Der Durchmesser der Iris seines Auges betrug 49 Zehntheile der Pariser Linie. Die Resultate waren in eben diesem Maafs folgende:

*) Photom. P. IV. c. 2. §. 853.

**) De mutationibus oculi internis. p. 11.

Entfernung des Objekts in Pariser Zollen.	Durchmesser der Pupille in Zehnthellen der Pariser Linie.	Halbmesser der Pupille in Zehnthellen des Durchmessers der Iris.
4	20, 1	0, 410
8	21, 9	0, 448
12	23, 6	0, 482
16	25, 0	0, 512
20	26, 2	0, 535
24	27, 0	0, 551
28	27, 4	0, 559

III.

Deutlichkeit und Schärfe des Sehens.

Das Gesicht kann deutlich seyn, ohne Schärfe zu haben; es ist für die Ferne, oder für die Nähe, für einen weiten, oder einen beschränkten Gesichtskreis, für das helle Licht, oder für die Dunkelheit, für die Luft, oder für das Wasser organisirt; es kann in verschiedenem Grade in der Augenaxe und ausserhalb derselben statt finden.

Deutlichkeit des Gesichts beruhet auf der Bestimmtheit der Umrisse, Schärfe auf der Unterscheidbarkeit der kleinern und kleinsten Theile des sichtbaren Gegenstands.

Bedingung der Deutlichkeit des Sehens ist, dafs sich die, von jedem Punkt des Objekts ausgehenden Strahlen in Einem Punkt auf der Netzhaut vereinigen. Zum scharfen Sehen gehört überdies noch, dafs von jedem Punkt des Gegenstands ein möglichst breiter Strahlenkegel auf die Hornhaut falle und möglichst viele Strahlen dieses Kegels auf der Netzhaut vereinigt werden. Die Deutlichkeit wird durch einen gewissen Grad der Erleuchtung des Gegenstands bedingt. Wenn dieser Grad verschieden ist und die Deutlichkeit sich gleich bleiben soll, so mufs für das schwächere Licht ein gröfserer Kugelabschnitt der Hornhaut als für das hellere vorhanden seyn. Deswegen hat bei allen, für die Dunkelheit eingerichteten Augen der gröfste Bogen der äussern Fläche der Hornhaut eine weit gröfsere Zahl Grade, als bei denen, die für das Sehen am Tage organisirt sind. Ich fand denselben am grössten bei den nächtlichen Thieren: *Cricetus vulgaris*, *Mus amphibius*, *Meles Taxus*, *Strix brachyotos*, *Ardea Nycticorax*. Nächst diesen zeigt er sich am grössten unter den Säugthieren bei den scharf sehenden und ebenfalls zum Theil des Nachts ihrer Nahrung nachgehenden Raubthieren: *Ursus Arctos*, *Mustela Foina*, *Canis Vulpes*. Am kleinsten ist er bei den Cetaceen, manchen Amphibien und den Fischen. Unter den Vögeln ist er nicht durchgängig am grössten bei den Raubvögeln. Aber er steht auch nicht blos mit der Schärfe des Gesichts, sondern auch mit der Gröfse des Horizonts, den das Thier zu übersehen hat, in Verhältnifs. Das folgende Verzeichnifs enthält eine Stufenleiter einiger, der von mir untersuchten Thiere nach der Gröfse jenes Bogens, wobei aber nicht zu übersehen ist, dafs die dabei zum Grunde liegende Voraussetzung, die Krümmung der Hornhaut sey kreisförmig, sehr viele Ausnahmen hat, und dafs bei den Wiederkäuern die angegebene Zahl nur auf den, zum horizontalen Durchschnitt des Auges gehörigen Bogen der Hornhaut pafst, von welchem der gröfste vertikale Bogen derselben sehr verschieden ist.

S ä u g t h i e r e.

<i>Cricetus vulgaris</i>	180°
<i>Mus amphibius</i>	160° 38'
<i>Meles Taxus</i>	153° 8'
<i>Cavia Cobaya</i>	150° 18'
<i>Ursus Arctos</i>	148° 42'
<i>Mustela Foina</i>	146° 4'
<i>Canis Vulpes</i>	130° 8'
<i>Simia Capucina</i>	122° 4'
<i>Sciurus vulgaris</i>	114° 42'
<i>Lutra vulgaris</i>	104° 4'
<i>Homo</i>	103° 6'
<i>Trichecus Rosmarus</i>	96° 70'
<i>Balaena Mysticetus</i>	78° 14'
<i>Monodon Narhwal</i>	74° 32'

A m p h i b i e n.

<i>Testudo tessellata</i>	142° 34'
— <i>imbricata</i>	74° 68'
<i>Coluber Lichtensteinii</i>	32° 28'

V ö g e l.

<i>Strix brachyotos</i>	180°
<i>Ardea Nycticorax</i>	180°
<i>Loxia curvirostra</i>	163°
<i>Picus viridis</i>	160° 40'
<i>Larus tridactylus</i>	160° 6'
<i>Ardea Ciconia</i>	160°
<i>Psittacus leucocephalus</i>	155° 46'
<i>Falco Buteo</i>	148° 76'
<i>Lanius Excubitor</i>	146° 82'
<i>Anas Cygnus</i>	146° 6'
<i>Oriolus Galbula</i>	142° 66'
<i>Corvus glandarius</i>	142° 58'
<i>Psittacus rufirostris</i>	138° 54'
<i>Falco Lagopus</i>	134° 24'
<i>Ardea stellaris</i>	130° 44'
<i>Meleagris Gallopavo</i>	128° 18'
<i>Corvus Corone</i>	104° 82'

F i s c h e.

<i>Trigla Hirundo</i>	69° 12'
<i>Cyclopterus Lumpus</i>	33°
<i>Gadus Aeglefinus</i>	28° 34'

Man sieht hieraus, dafs zwar bei den scharfsehenden Thieren die Hornhaut meist ein grofser Kugelabschnitt ist, dafs es aber die Schärfe des Gesichts nicht allein seyn kann, wovon die Zahl der Grade ihres gröfsten Bogens abhängt. Diese würde sonst wohl nicht kleiner beim rauhfüfsigen Bussard als bei dem Schwan und den beiden angeführten Papageyen seyn. Ueberhaupt kann diese nur dann zur unmittelbaren Schärfe des Gesichts beitragen, wenn sie mit einer Organisation des Auges verbunden ist, wodurch möglich gemacht wird, dafs die sämtlichen, von der Hornhaut aufgefangenen Strahlen eines Punkts im Innern des Auges genau vereinigt werden. Dies kann auf eine doppelte Art geschehen, von welchen die eine zum scharfen Sehen in der Ferne, die andere zum scharfen Sehen in der Nähe dient.

Das Sehen in der Ferne wird durch parallele, oder wenigstens vom Parallelismus nicht sehr abweichende Strahlen vermittelt. Es seyen *AB*, *CD* (Tab. III. F. 45) solche Strahlen und *MEN* ein Bogen einer Ellipse, deren grofse Axe *EF* mit *AB* und *CD* parallel ist, und worin diese Axe *EF* gegen die Entfernung *OG* beider Brennpunkte von einander in dem Verhältnifs der Refraktion des Mediums, woraus *AB*, *CD* kommen, gegen die Refraktion des Mittels stehen, in welches sie durch *MEN* gelangen. Bekanntlich werden unter diesen Umständen *AB*, *CD* und alle übrige, mit ihnen parallele Strahlen durch *MEN* so gebrochen, dafs sie in dem Brennpunkte *G* zusammentreffen. Beschreibt man also aus *G* mit einem Halbmesser *GH*, der kleiner als *GE* ist, einen Kreisbogen *MHN*, so werden *AB*, *CD*, nachdem sie in *B*, *D* gebrochen sind, auf *MHN* in *b*, *d* senkrecht stehen und, was für ein Medium zwischen *MHN* und *G* auch befindlich seyn mag, unabgelenkt von den Richtungen *Bb*, *Dd* nach *G* fortgehen. Ist also *MENH* eine Hornhaut, welche die obigen Erfordernisse hat, so vereinigt diese alle Strahlen, die, unter sich und mit der Augenaxe parallel, auf sie fallen, in einem einzigen Punkt.

Eine entgegengesetzte Wirkung hat die Hyperbel. In F. 46 (Tab. III.) ist $H C M$ ein Bogen einer solchen krummen Linie, $A N$ die Axe derselben, a ihr Brennpunkt, A der Brennpunkt der entgegengesetzten Hyperbel, und $Z C$ der zwischen den Scheitelpunkten beider Hyperbeln enthaltene Theil der Axe. Wenn nun $A a$ sich zu $Z C$ verhält, wie die Refraktion des Mediums $H A M$ zu der des Mediums $H M F E$, und aus A die Strahlen $A B$, $A D$ auf $H C M$ fallen, so werden diese, nach ihrer Brechung durch $H M$, parallel mit $A N$ in dem Medium $H M F E$ fortgehen. Wenn ferner $p r q$ eine zweite Hyperbel ist, die mit $H C M$ einerlei Axe und Parameter hat und in einer sehr geringen Entfernung hinter dieser liegt, so werden, falls auch zwischen $H C M$ und $p r q$ ein dichteres Medium als zwischen $p r q$ und $E G F$ liegt, die Strahlen $B R$ und $D V$ doch von ihrem Parallelismus mit der Axe $A N$ sehr wenig abgelenkt werden. Ist endlich das Medium $E F N$ durch eine elliptische Fläche $E G F$ begrenzt, deren hinterer Brennpunkt in N liegt, und welche mit diesem Mittel die oben genannten Bedingungen hat, unter denen parallele Strahlen $B R$, $D V$ nach dem Focus N hin gebrochen werden, so wird auf solche Weise eine vollkommene Convergenz der divergenten Strahlen $A B$, $A D$ bewirkt seyn.

Von beiden Formen giebt es Beispiele im Thierreiche. Ich fand bei dem Wallrofs, Ochsen, Bär (Tab. I. F. 8. *), Hausmarder, Virginischen Beutelhier und mehreren andern Thieren eine Hornhaut von der Gestalt des Meniscus $M E N H$, Tab. III, F. 45. Beim Hausmarder und Beutelhier hat der vordere Bogen deutlich eine mehr elliptische als kreisförmige Gestalt. Die zweite Form scheint vorzüglich am Auge des Maulwurfs zugegen zu seyn. Aus der Abbildung, die ich im zweiten Bande der Zeitschrift für Physiologie (herausgegeben von Tiedemann, G. R. u. L. C. Treviranus), Tab. VII, F. 7, 8, von diesem Auge gegeben habe, erhellet, dafs der Durchschnitt der Hornhaut desselben auf keinen Fall kreisförmig, sondern mehr hyperbolisch ist, während die Krümmung der vordern Fläche der Linse elliptisch zu seyn scheint. Diese Form kömmt wahrscheinlich noch bei andern Thieren vor. Indefs, wo sie nicht sehr ausgezeichnet ist, hält es schwer, sie mit Gewifsheit anzugeben. Häufig ist sie nicht, und aus ihrer Gegenwart läfst sich nicht auf Schärfe des Gesichts im Allgemeinen schliessen, sondern nur auf Schärfe unter Umständen, wo andern, sonst vielleicht besser sehenden Thieren ihre Augen weniger gute Dienste leisten. Die gewöhnlichsten Formen der Hornhaut sind die der 37sten und 38sten Figur (Tab. III.). Beide Krümmungen sind kreisförmig, und die vordere hat meist einen gröfsern Radius als die hintere. Die Ursache des Vorzugs, den die Natur diesen Gestalten vor den vorigen gab, ist ohne Zweifel die, dafs, wenn auch bei den vorigen ein schärferes Sehen in der Augenaxe möglich ist, doch bei der Kreisgestalt ein vollkommeneres Sehen ausserhalb dieser Axe als bei jeder andern Form zu erreichen war.

Welche Gestalt aber auch nicht nur die Hornhaut, sondern auch die Linse haben mag und wie genau beide die Strahlen in Einem Punkt vereinigen mögen, so ist doch kein deutliches und noch weniger scharfes Sehen ohne eine Iris und Pupille, oder ein, deren Stelle vertretendes Gebilde möglich. Weder eine zu schwache, noch eine zu heftige Reizung der Netzhaut kann deutliche Gesichtsempfindungen zur Folge haben, und nur eine bewegliche Iris kann die Reizung so modifiziren, dafs sie gewisse Gränzen nicht überschreitet. Es läfst sich indafs über den Einfluß der Iris auf die Deutlichkeit und Schärfe des Gesichts bei einzelnen Formen des Auges nicht viel bestimmen, ohne vorher ausgemacht zu haben, welches Verhältnifs der strahlenbrechenden Kräfte bei einer gewissen Gestalt des Gesichtswerkzeugs zum deutlichen und scharfen Sehen erforderlich ist. Wir werden daher erst das menschliche Auge in Hinsicht auf diesen Punkt betrachten.

Jenes Verhältnifs wurde bisher an dem Auge nur nach dem Tode untersucht. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dafs sich dasselbe mit dem Aufhören des Lebens ändert. Ueber diesen Punkt ist erst Gewifsheit nöthig, bevor sich über das Sehen etwas Weiteres ausmachen läfst.

Bei mehrern Versuchen, die ich an mir selber und Andern anstellte, fand ich, dafs, wenn die Pupille bis auf zwei Drittel der Sehne des grössten Bogens der Hornhaut erweitert ist, dem Auge am äussern Augenwinkel noch Gegenstände sichtbar sind, die mit der Augenaxe einen Winkel von etwas mehr als 90° machen *). Diese Thatsache giebt ein Mittel, die Grösse der vereinigten strahlenbrechenden Kräfte der Hornhaut und der wässrigen Flüssigkeit während des Lebens zu entdecken. Es sey $C i$ (Tab. IV. F. 47) die Augenaxe, $G C H$ die Hornhaut, $G \sigma \beta H$ die Fläche eines Durchschnits der Iris durch ihren Mittelpunkt λ , $\beta \sigma$ die Pupille, $E F$ die Linse, I der Mittelpunkt der mittlern Krümmung der Hornhaut und P der Mittelpunkt der vordern Krümmung der Linse. Ist nun ρM ein Strahl, der, senkrecht gegen die Augenaxe $C i$ gerichtet, die Hornhaut in M trifft, $I M$ ein nach M gezogener Halbmesser der Hornhaut und $r l a f$ eine durch M an die vordere Krümmung $E \delta F$ der Linse gezogene Tangente, so wird, wenn der Punkt ρ gesehen werden soll, der Strahl ρM nach seiner Brechung in einer Linie $M z$ fortgehen müssen, welche die vordere Seite $E \delta F$ der Linse in einem Punkt z schneidet und mit $M I$ einen Winkel $z M I$ macht, der kleiner als der Winkel $a M I$ ist. Man findet also das Minimum der brechenden Kräfte der Hornhaut und der wässrigen Flüssigkeit, wenn man aus den gegebenen Gröfsen $I M = I C = b$, $\sigma \lambda = \frac{1}{2} \sigma \beta = \frac{1}{2} \lambda$, $C \delta = t$, $C \lambda = \sigma$, $\delta \pi = u$, $P \delta = f$ die Winkel $a M I$ und $z M I$ sucht. Man ziehe aus P an den Berührungspunkt a der Tangente $r f$ den Halbmesser $P a$ und setze $P q = a$, $q l = x$, $q M = \delta$, $q I = \gamma$, so ist

$$P l = a - x, \quad \text{tang. } q I M = \frac{\frac{1}{2} \lambda}{b - \sigma},$$

$$\delta = b \sin. q I M, \quad \gamma = f \cosin. q I M,$$

$$a = q I + I P = \gamma + f + t - b, \quad \text{tang. } M l q = \frac{\delta}{x},$$

$$\text{tang. } a l P = \frac{f}{a l} = \frac{f}{\sqrt{((a-x)^2 - f^2)}} = \text{tang. } M l q.$$

$$\text{Also } \frac{\delta}{x} = \frac{f}{\sqrt{((a-x)^2 - f^2)}}, \text{ woraus folgt:}$$

$$x = \frac{a \delta^2}{\delta^2 - f^2} + \sqrt{\left(\frac{(f^2 - a^2) \delta^2}{\delta^2 - f^2} + \frac{a^2 \delta^4}{(\delta^2 - f^2)^2} \right)},$$

$$\text{tang. } q M l = \frac{x}{\delta}, \quad a M I = q M I - q M l.$$

Wenn folglich das Verhältnifs des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels, nach dem Eintritt des Strahls aus der Luft in die Hornhaut und die wässrige Flüssigkeit, $= m : 1$ ist, so muß $m : 1 > \sin. \rho M g : \sin. r M g$, mithin $m > \frac{\sin. \rho M g}{\sin. r M g}$, oder $m > \frac{\sin. q M I}{\sin. a M I}$ seyn, wenn der Strahl ρM die Netzhaut treffen soll.

Nach Petit's Ausmessungen des menschlichen Auges ist für dieses in den meisten Fällen $b = 37, 5$, $t = 12, 5$, $\sigma = 10, 38$, $u = 21, 25$, $f = 37, 5$ und die Sehne des grössten Bogens der Hornhaut $= 50$, also, da der Durchmesser der Iris mit dieser Sehne einerlei ist, $\frac{1}{2} \lambda = \frac{50}{3} = 16, 66$.

Hieraus folgt $m > \frac{\sin. 58^\circ 25'}{\sin. 43^\circ 24'}$, oder $m > 1,2389$.

*) Young (Philos. Transact. Y. 1801. p. 44.) sagt: der Blick seines Auges erstreckte sich nach oben bis 50° , nach innen bis 60° , nach unten bis 70° , nach aussen bis 90° . Dieses Schiefeld ist kleiner, als es in der Regel zu seyn pflegt.

Nach Brewster ist das Verhältniß des Sinus des Refraktionswinkels aus der Luft in die wässrige Flüssigkeit, ohne Rücksicht auf die Hornhaut, $= 1,3366 : 1$. Der obige Werth für m ist noch um beinahe 0,1 geringer als dieser. Größer fällt jener aus, wenn man Sömmering's Ausmessungen zum Grunde legt. Nach diesen ist $b = 33$, $t = 13$, $\sigma = 10,79$, $u = 16$, $f = 42$, $\frac{1}{2}\lambda = 15$ und $m > 1,2923$.

Die Zahl m kann also für das lebende Auge nicht größer als 1,3366 seyn. Um auch das Minimum der Strahlenbrechungen in der Linse und im Glaskörper zu finden, nehmen wir vorläufig die Resultate der Versuche Brewster's an, nach welchen $m = 1,3366$, $n = 1,0353$ und $p = 0,9677$ ist. Es sey $Mz \times R$ (F. 47) der Weg des gebrochenen Strahls ρM durch das Auge bis zur Netzhaut KL , T der Mittelpunkt der hintern Krümmung des Glaskörpers, oder der Netzhaut, TR ein, nach R und $T\tau$ ein, nach dem hintern Rande des Ciliarkörpers, oder dem vordern der Netzhaut gezogener Halbmesser dieser Krümmung. Setzt man die Secunden bei Seite, so ist $\sin. IMz = \frac{\sin. IMq}{m} = 38^\circ 20'$.

Der Winkel $i T \tau$ ist nach meinen Ausmessungen $= 117^\circ 8'$. Finden wir nun den innern Gesichtswinkel $i TR$ des Strahls ρM größer als $117^\circ 8'$, so sind, da der Werth von m nicht sehr verschieden von 1,3366 seyn kann, die obigen Werthe von n und p zu klein; fällt er bedeutend größer aus, so werden n und p kleinere Werthe als die obigen haben müssen. Die Berechnung dieses Winkels ergibt sich aus den Formeln der 8ten und folgenden Seite des Isten Abschnitts. Ich fand ihn $= 113^\circ 14'$, und ohngefähr dieser Werth ist es auch, der ihm zukommen muß. Denn da bei einer größern Erweiterung der Pupille, als wir vorhin angenommen haben, das Gesichtsfeld am äussern Augenwinkel sich noch etwas weiter als bis 90° von der Seheaxe erstreckt, so muß auch der vordere Rand τ der Netzhaut noch etwas weiter als bis dahin gehen, wohin ein solcher, senkrecht gegen die Augenaxe gerichteter Strahl, wie ρM ist, nach seiner letzten Brechung gelangt, und also der Winkel τTi um einige Grade größer seyn, als der dem Strahl ρM entsprechende, innere Gesichtswinkel $i TR$. Für den Werth eines, senkrecht gegen die Augenaxe gerichteten Strahls sind also die von Brewster für n und p angegebenen Werthe beinahe gültig.

Ein solcher Strahl geht indefs durch die Schaafe der Linse, ohne ihren Kern zu berühren. Auf andere Strahlen, welche den Kern der Linse durchdringen, müssen stärker brechende Kräfte wirken. Um uns hierüber Aufklärung zu verschaffen, legen wir die, von Tobias Mayer *) näher bestimmte Thatsache zum Grunde, daß sich bei dem höchsten Grade von Klarheit zwei Punkte noch von einander unterscheiden lassen, die unter einem Winkel von 30 Secunden gesehen werden. Es sey in F. 48 und 49 (Tab. IV) $A m$ die verlängerte Augenaxe, GCH die Hornhaut, $\sigma\beta$ die Pupille, EF die Linse, KL der Hintergrund der Netzhaut, T der Mittelpunkt dieses Hintergrunds, BU ein Perpendikel auf der Augenaxe, dessen Endpunkte unter einem äussern Gesichtswinkel von $30''$ gesehen werden und dessen Entfernung BC vom Auge $= 1000$ Zehntheilen der Pariser Linie ist. Die äussersten Strahlen des Punkts U (F. 49) die von der Pupille durchgelassen werden, sind UM , UM' und deren Bahnen durch das Auge $UMz \times n$, $UM'z' \times n'$. Der Axenstrahl dieses Punkts U ist UC und dessen Weg zur Netzhaut $UCbgn$. Von dem Punkt B nehmen die äussersten Strahlen Ba , Ba' die Wege $afh m$, $a'f'h' m$ zu dieser Haut. Wenn nun die Punkte U und B dem Auge als verschieden erscheinen sollen, so müssen die Enden m , n der Kegel $h m h'$ und $x n x'$, welche die Strahlen beider Punkte nach ihrer letzten Brechung im Glaskörper bilden, im Hintergrunde des Auges ganz von einander getrennt seyn und ohngefähr eine solche Lage haben, wie sie in F. 49 vorgestellt sind. Hingegen ist keine Unterscheidung jener Punkte möglich, wenn die Enden dieser Kegel auf die Art, wie in F. 48, in einander fallen.

*) Commentar. Societ. Gotting. T. IV. p. 135.

Nehmen wir zuerst die Brewsterschen Refraktionsverhältnisse $m = 1,3366$, $n = 1,0353$, $p = 0,9677$, und die Sömmeringschen Dimensionen des Auges $b = 33$, $t = 13$, $\sigma = 10,79$, $u = 16$, $f = 42$, $g = 24$, $h = 44$, $v = 62$ an, und setzen, dafs bei dem Grade von Klarheit, unter welchem A und U in der Entfernung $a = 1000$ und unter dem Winkel $\mu = 30''$ gesehen werden, der Durchmesser λ der Pupille $= 18,38$ ist, so ergibt sich Folgendes:

1) Der Winkel M A C (F. 48), unter welchem, bei diesem Durchmesser der Pupille, der äusserste U M der obern Strahlen des Punkts U von der Pupille durchgelassen wird, ist $= 34' 49''$, die Entfernung A C $= 1014,7$ und der Abstand U B beider strahlenden Punkte von einander $= 0,1454$. Der innere Gesichtswinkel i T n des Strahls U M findet sich $= 59'$ und die Entfernung πR , worin der Strahl nach seiner letzten Brechung die verlängerte Augenaxe C m schneidet, von der hintern Fläche der Linse $= 69,01$. Es liegt also R weiter als der hintere Endpunkt i der Augenaxe von der Linse entfernt. Folglich wird die Netzhaut oberhalb der Augenaxe, zwischen K und i, von dem Strahl x R geschnitten.

2) Für die Axe U C des von U ausgehenden Strahlenkegels wird der innere Gesichtswinkel i T r $= 2,6''$ und die Entfernung $\pi v = 71,3$. Es ist also auch hier $\pi v > \pi i$. Da aber der Strahl U C nach seiner ersten Brechung auf der untern Seite der Augenaxe fortgeht, so fällt auch r unterhalb dieser Axe.

3) Für den äussersten, von B ausgehenden Strahl B a wird a B C $= 34' 15''$, i T k $= 3^\circ 2'$ und $\pi m = 88$. Es ist also wieder $\pi m > \pi i$ und, weil B a oberhalb der Augenaxe seinen Weg nimmt, k oberhalb dieser Axe liegend.

Es hat mir überflüssig geschienen, die Refraktion für den Strahl U M' (F. 49) zu berechnen, da das Beispiel schon hinreichend beweiset, was es beweisen kann, nemlich dafs bei den vorausgesetzten Dimensionen und strahlenbrechenden Kräften des Auges die Bilder der strahlenden Punkte U und B auf der Netzhaut so gros werden und so in einander fallen, dafs keine Unterscheidung dieser Punkte möglich ist. Man mag Rechnungen anstellen, so viele man will, um auszumachen, welche Verhältnisse jene Dimensionen und Kräfte haben müssen, damit diese Unterscheidung möglich sey: das Resultat wird immer seyn, dafs die Bilder m und n (F. 49) der strahlenden Punkte B und U sich nie als verschieden auf der Netzhaut darstellen können, wenn die Linse E F in allen ihren Theilen einerlei strahlenbrechende Kraft hat. Es ist leicht, bei der Voraussetzung der Gleichheit dieser Kraft Verhältnisse ausfindig zu machen, bei welchen der Punkt m gerade mit i zusammentrifft. Aber immer werden dann die Linien x n, g n und x' n solche Richtungen bekommen und sich so schneiden, dafs dabei die Bilder m und n der strahlenden Punkte entweder nicht als verschieden erscheinen können, oder dafs, wenn sie auch in einander fallen, doch n einen viel gröfsern Raum auf der Netzhaut einnimmt, als mit Deutlichkeit des Sehens bestehen kann.

Wir werden also bei Untersuchung des Einzelnen auf den nemlichen Satz geführt, worauf wir im Isten Abschnitt (S. 15 u. folg.) bei Betrachtung des Allgemeinen kamen: die Erklärung des deutlichen Sehens sey nicht anders möglich als unter der Voraussetzung, dafs auf die Strahlen U M und U M' andere brechende Kräfte als auf U C, und wieder andere auf B a und B a' als auf U M und U M' wirken, wovon der Grund in der Textur der Linse zu suchen ist. Nach den Berechnungen, die ich über diese Kräfte angestellt habe, mufs, wenn die strahlenbrechende Kraft der Luft gegen die der Hornhaut und der wäsrigen Flüssigkeit in dem Verhältnifs 1,336:1 steht und gegen die des Glaskörpers sich wie 1,339:1 verhält, für Strahlen, welche ausserhalb der Augenaxe auf die Hornhaut fallen, das Verhältnifs n:1 um so gröfser, hingegen p:1 um so kleiner werden, je gröfser der Winkel ist, den der Strahl mit der Augenaxe macht, und je näher die Spitze dieses Winkels der Hornhaut liegt. Für Strahlen, welche die Hornhaut in dem nemlichen Punkt treffen, worin sie von der Augenaxe

geschnitten wird (Axenstrahlen), richten sich diese Verhältnisse bloß nach der GröÙe des äussern Gesichtswinkels. Das Verhältniß $n : 1$ steigt von $1,03 : 1$ bis $1,09 : 1$ und noch etwas darüber, während $p : 1$ von $0,97 : 1$ bis $0,91 : 1$ abnimmt. Für $n = 1,09$ wird das Verhältniß der strahlenbrechenden Kraft der Luft gegen die der Linse $= 1,056 : 1$, also etwas gröÙer als das, welches Chossat für den Kern der Linse angegeben hat. Für $n : 1 = 1,04 : 1$ wird dieses Verhältniß $= 1,376 : 1$, mithin dasselbe, welches nach Brewster für die strahlenbrechende Kraft der Luft gegen die des äussern Theils der Linse gilt.

Mit diesen Verhältnissen können Verschiedenheiten in den Dimensionen des Auges, die gewisse Gränzen nicht überschreiten, bestehen, ohne daß die Deutlichkeit des Gesichts dadurch aufgehoben wird. Zum schärfern Sehen gehört aber Uebereinstimmung der strahlenbrechenden Kräfte des Auges mit den Dimensionen desselben. Bei der Annahme der eben erwähnten Verhältnisse dieser Kräfte finde ich, daß folgende Dimensionen des Auges den Bedingungen zur Unterscheidung zweier Punkte, deren Entfernung $= 1000$ bei einem äussern Gesichtswinkel $= 30''$ ist, so genau entsprechen, wie es bei Rechnungen dieser Art möglich ist: $b = 33$, $f = 42$, $g = 20$, $t = 12$, $u = 20$, $h = 46$, $v = 58$.

Legt man diese Zahlen zum Grunde, so findet sich für das obige Beispiel, wo U und B (F. 49) zwei strahlende Punkte sind und $n = 1000$, $U C B = \mu = 30''$, der Durchmesser $\beta \sigma$ der Pupille $= \lambda = 18$, 38, das Brechungsverhältniß der Luft zur Hornhaut und zur wäßrigen Flüssigkeit $= m = 1,3366$ ist, Folgendes: Der Strahl B a trifft nach seiner letzten Brechung den Durchschnittspunkt i der Augenaxe mit der Netzhaut K L, wenn für ihn $n = 1,087$ und $p = 0,921$ ist. Der gebrochene Axenstrahl U C macht bei den Refraktionsverhältnissen $n : 1 = 1,04 : 1$ und $p : 1 = 0,96 : 1$ auf der untern Seite der Augenaxe einen innern Gesichtswinkel $i T n = 3,15''$, und der gebrochene Strahl U M, der zwar unter einem etwas gröÙern Winkel M A C, dagegen aber auch aus einer etwas gröÙern Entfernung A C, als B a, auf die Hornhaut fällt, vereinigt sich mit U c b g n auf der Netzhaut in n fast bei denselben Werthen $n = 1,087$ und $p = 0,921$, die für B a gelten.

Da der Winkel $i T n$ (F. 49) der Mittelpunktswinkel des Bogens i n ist, also dieser ebenfalls $3,15''$ hält, und da, bei der Kleinheit dieses Bogens, derselbe der Tangente des Winkels $i T n$ proportional gesetzt werden kann, so hat man $i n = h \text{ tang. } i T n$, folglich, wenn $h = 46$, $i n = 46 \text{ tang. } 3,15'' = 0,000015$ Zehntheile der Pariser Linie. Die Bilder der Punkte U und B auf der Netzhaut sind also nur um $0,0000015$ Theile einer Pariser Linie von einander entfernt. Es läßt sich vermuthen, daß beide Punkte bei diesem geringen Abstand nicht immer zu unterscheiden sind, und Mayer's oben (S. 38) erwähnte Versuche beweisen auch, daß die Unterscheidung derselben nur bei dem höchsten Grade von Klarheit möglich ist. Nähme man für die Brechung des Axenstrahls U C einen gröÙern Werth von n an, so würde zwar der innere Gesichtswinkel $i T n$ gröÙer ausfallen. Aber der Werth von n würde dann für den Strahl U M, damit dieser den Punkt n erreiche, viel gröÙer seyn müssen, als er bei der geringen Verschiedenheit des Winkels M A C und der Entfernung A C von a B C und B C seyn kann, für welche letztere doch $n = 1,087$ bleiben muß, wenn der Strahl B a nach seiner letzten Brechung die Augenaxe in i schneiden soll.

Wir fanden im Isten Abschnitt (S. 18) für einen Winkel a B c $= \varphi$, der nicht viel gröÙer als eine Minute ist, den Ausdruck $\varphi = \frac{\frac{1}{2} \lambda m (x \pm b)}{(x \pm (t - \tau)) (a + b)}$. In dieser Gleichung sind bloß φ und λ ver-

änderliche GröÙen. x verändert sich nicht merklich, solange φ nicht über die Gränze wächst, wobei die Bedingung aufhört, daß die Winkel ihren Sinus und Tangenten proportional gesetzt werden dürfen, und m, b, t, τ , a, b bleiben bei allen Veränderungen von φ und λ immer die nehmlichen. Es verhalten sich also, wenn λ sich in λ' verwandelt, während φ den Werth φ' bekommt, diese Winkel wie die ihnen entsprechenden Durchmesser der Pupille. Wir sahen aber auch, daß sich unter den

angenommenen Bedingungen die zu φ und φ' gehörigen innern Gesichtswinkel wie φ und φ' verhalten. Mithin müssen in den Fällen, wovon hier die Rede ist, die innern Gesichtswinkel auch den Durchmessern der Pupille proportional seyn. Die Pupille aber kann sich bei hellem Licht bis auf ein Drittel des Durchmessers der Iris zusammenziehen. Nehmen wir diesen für 50 an, so ist das Minimum von $\lambda = 16,66$. Wäre nun für $\lambda' = 18,38$ der innere Winkel $i\ T o$ (F. 49) $= 10''$ und $i\ T n = 15''$, so würde, bei $\lambda = 16,66$, $i\ T o$ auf $9''$ vermindert. Auf den Axenstrahl $U C$ hat die Veränderung der Pupille keinen Einfluss. Der Strahlenkegel $M U M'$ aber wird dadurch, so wie $a B a'$, auf beiden Seiten verschmälert. Es fiel also der Kegel $x n x'$ ebenfalls bei $\lambda = 16,66$ im Innern des Auges schmaler als bei $\lambda' = 18,38$ aus, und es würde die Entfernung $o n$ der beiden Bilder auf der Netzhaut, die vorhin $5''$ betrug, auf $6''$ steigen.

Es würde jetzt darauf ankommen, das Gesetz ausfindig zu machen, nach welchem sich die Erweiterung und Verengerung der Pupille bei einer verschiedenen Entfernung des Objekts richtet. Kennten wir genau das Gesetz für die Strahlenbrechungen der Linse, so würden wir vielleicht jenes aus diesem folgern können. Da aber jenes sich nur sehr allgemein angeben läßt, so ist für das letztere keine andere Ableitung als aus der Erfahrung möglich. In der vierten Tafel des vorigen Abschnitts (S. 33) sind die Resultate der Versuche angeführt, die Lambert und Olbers über diesen Gegenstand anstellten. Aus den dortigen Zahlreihen ergibt sich soviel, daß, wenn die verschiedenen Entfernungen des Objekts vom Auge eine arithmetische Proportion ausmachen, die Durchmesser der Pupille eine Reihe bilden, worin die Differenzen der auf einander folgenden Glieder mit der Zunahme der Entfernung des Objekts immer mehr abnehmen. Die Art, wie Lambert bei seinen Versuchen verfuhr, liefs zu wenig Genauigkeit zu, als daß sich aus ihnen das Verhältniß, nach welchem diese Abnahme geschieht, bestimmen läßt. Sie geben überdies die verschiedenen Durchmesser der Pupille bei der Näherung und Entfernung des Gegenstands nicht für einerlei Beleuchtung des Auges an. Mehr Werth haben Olbers's Erfahrungen, und diese scheinen zu beweisen, daß die Exponenten der geometrischen Verhältnisse, worin die vorhergehenden Glieder der Reihe zu den folgenden stehen, in einer arithmetischen Progression fortgehen, in welcher die Differenz der Glieder ohne Zweifel verschieden nach dem verschiedenen Grade der Beleuchtung und der verschiedenen Form des Auges ist. Bei Olbers's Versuchen waren die Entfernungen:

4 . 8 . 12 . 16 . 20 . 24 . 28.

Diesen entsprachen folgende Durchmesser der Pupille:

201 . 219 . 236 . 250 . 262 . 270 . 274.

Die Exponenten der Verhältnisse 201 : 219, 219 : 236, 236 : 250 u. s. w. sind:

1,089 . 1,077 . 1,055 . 1,048 . 1,030 . 1,014.

Die drei letzten Glieder dieser Reihe bilden eine arithmetische Progression, die beinahe 16 zur Differenz hat. Auf die vier ersten Glieder paßt dieser Unterschied nicht. Diese haben zu Differenzen : 12, 22, 7. Es ist wahrscheinlicher, daß diese wegen Fehler in den Beobachtungen von dem Gesetz, nach welchen die übrigen fortgehen, abweichen, als daß das Gesetz des Fortgangs der drei letzten zufällig seyn sollte. Wenn dies sich so verhält und man annimmt, daß die Pupille bei einem gewissen Grade des Lichts und einer Entfernung $= a$ des Objekts den größten Durchmesser $= A$ hat, den sie erreichen kann, daß bei dem nehmlichen Licht zu den Entfernungen $a - 1$, $a - 2$, $a - 3$ - - - $a - n$, $a - (n + 1)$ die Durchmesser B , C , D - - - P , Q der Pupille gehören, daß $\frac{A}{B} = \varepsilon$ und $P = \frac{A}{r \varepsilon a - n}$ ist, so wird das Gesetz für die Zusammenziehung der Pupille nach dem Abstände des Objekts sich durch folgende Formeln ausdrücken lassen, in welchen A und ε von dem Grade des Lichts, dem das Auge ausgesetzt ist, abhängen:

Entfernungen des Objekts.	Zu diesen Entfernungen gehörige Durchmesser der Pupille.
a	A.
a — 1	$B = \frac{A}{\varepsilon}$.
a — 2	$C = \frac{A}{2 \varepsilon^2}$.
a — 3	$D = \frac{A}{6 \varepsilon^3}$.
a — 4	$E = \frac{A}{24 \varepsilon^4}$.
a — n	$P = \frac{A}{r \varepsilon^{a-n}}$.
a — (n + 1)	$Q = \frac{A}{r(a - (n + 1)) \varepsilon^{a - (n + 1)}}$.

Bei den Thieren ist das Auge anders als beim Menschen gestaltet. Ob deswegen auch die strahlenbrechenden Kräfte der durchsichtigen Theile des Thierauges in andern Verhältnissen zum äussern Medium und zu einander als im Auge des Menschen stehen, darüber fehlt es noch an hinreichenden Erfahrungen. Was die bisherigen Versuche über diesen Gegenstand lehren, habe ich in der dritten Tafel des vorigen Abschnitts zusammengestellt. Man kann aus diesen wenigen Beobachtungen nur soviel schliessen, dass das Licht in der wässrigen Flüssigkeit, der Linse und dem Glaskörper eine stärkere Refraktion bei dem Ochsen, dem Lamm, der Taube und dem Kabljau als beim Menschen erleidet; dass der Unterschied nur gering in der wässrigen Flüssigkeit, grösser im Glaskörper, am grössten in der Linse ist; dass die Linse des Kabljau noch eine stärkere, brechende Kraft als die des Ochsen und des Lamms hat, und dass bei der Taube diese Kraft der Hornhaut ohngefähr einerlei mit der der äussern Schichte der Linse ist. Allgemeinere Resultate als aus diesen Versuchen lassen sich aus einer Vergleichung der, mit der Strahlenbrechung am nächsten in Beziehung stehenden Dimensionen des Auges einer grössern Zahl von Thieren mit den nehmlichen Dimensionen des menschlichen Auges ziehen. In jedem Auge ist der Punkt der Netzhaut, worin diese von der Augenaxe geschnitten wird, der Punkt des deutlichsten Sehens, und die Entfernung dieses Punkts von der Netzhaut hängt von dem Verhältniss der erwähnten Dimensionen gegen die strahlenbrechenden Kräfte des Auges ab. Sind die Unterschiede jener Entfernung in den Augen der verschiedenen Thiere so beschaffen, dass sie sich grösstentheils bloss von den Verschiedenheiten dieser Dimensionen ableiten lassen, so wird der Unterschied zwischen den strahlenbrechenden Kräften im Thierreiche nicht gross seyn können. Ob dies nun der Fall ist, wird sich aus der folgenden Tafel ergeben, worin ich die hierher gehörigen Resultate meiner Ausmessungen des Auges mehrerer Thiere mit denen, die in Sömmering's *Commentatio de oculorum et c. sectione horizontali* enthalten sind, zusammengestellt habe. Die von mir gefundenen Zahlen sind darin mit T., die von Sömmering angegebenen mit S. bezeichnet. Die Thiere der einzelnen Classen folgen darin nach der Grösse der Entfernung der Netzhaut von der hintern Fläche der Linse in der Augenaxe. v bezeichnet diese Entfernung, b den Radius der vordern, b' den der hintern Fläche der Hornhaut, f den Halbmesser der vordern, g den Halbmesser der hintern Fläche der Linse, u' den Durchmesser, u die Axe der Linse, t den Abstand der Linse von der Hornhaut in der Augenaxe, $\frac{b}{b'}$, $\frac{f}{g}$, $\frac{u'}{u}$ die Exponenten der Verhältnisse $b' : b$, $g : f$, $u : u'$.

Stufenleiter der Thiere nach der Entfernung des Punkts des deutlichsten Sehens.

Säugthiere des Landes.	v.	b.	b'.	$\frac{b}{b'}$.	f.	g.	$\frac{f}{g}$.	u'.	u.	$\frac{u'}{u}$.	t.
Equus Caballus (S.)	81	73			50	45	1, 11	85	60	1, 41	24
Bos Taurus (T.)	62	66	82	0, 80	45	37, 7	1, 19	76	59	1, 28	8
Homo. (Nach den Mittelzahlen der Tafel S. 22 u. 23.)	61, 6	33, 9	31, 6	1, 07	31, 5	22, 5	1, 40	40, 1	20, 4	1, 96	11, 7
Elephas asiaticus (S.)	51	65			45	35	1, 28	56	32	1, 75	22
Capra Ovis (T.)	47		63		33	30	1, 09	57	54	1, 05	11, 5
Simia Capucina (T.)	45	24	22	1, 09	25	17	1, 47	33	20	1, 65	10
— Inuus (S.)	44	30			35	18	1, 94	34	20	1, 70	13
Didelphis gigantea (S.)	40	50			37	30	1, 23	56	44	1, 27	15
Felis Lynx (S.)	40	55			38	44	0, 86	70	50	1, 40	28
Antilope Rupicapra (S.)	40	64			37	34	1, 08	65	53	1, 22	19
Marmota alpina (S.)	25	28			18	13	1, 38	28	20	1, 40	9
Ursus Arctos (T.)	25	27	28	0, 96	20	18, 7	1, 07	36	27	1, 33	10
Canis Vulpes (T.)	24	37, 7	32	1, 17	25	27	0, 92	50	39	1, 28	14
Canis Lupus (S.)	24	45			35	33	1, 06	54	39	1, 38	22
Lutra vulgaris (T.)	19	26	29	0, 83	13	12	1, 08	26	21	1, 24	4
Meles Taxus (T.)	17	19	28	0, 68	20, 5	28	0, 72	26	20, 5	1, 27	4
Castor Fiber (S.)	16	23			15	14	1, 07	26	20	1, 30	12
Ursus Lotor (S.)	15	25			16	18	0, 89	32	25	1, 28	10
Sciurus vulgaris (T.)	13	19	22	0, 86	15	10	1, 50	24	20, 5	1, 17	10, 6
Cavia Cobaya (T.)	13	18	17, 8	1, 01	13	13	1, 00	27	25	1, 08	5, 3
Mustela Foina (T.)	12	23	25	0, 92	15, 8	15, 6	1, 01	31	26	1, 19	7
Hystrix cristata (S.)	10	30			15	16	0, 94	30	25	1, 20	10
Erinaceus europaeus (T.)	9		11		8	8	1, 00	16	12, 4	1, 29	1
Cricetus vulgaris (T.)	6, 3	11, 6	11	1, 05	9, 7	8	1, 21	18	16, 2	1, 11	4, 5
Didelphis virginiana (T.)	5	20	25	0, 80	17	17	1, 00	36	33	1, 09	3, 5
Mus amphibius (T.)	4, 5	14	10	0, 71	10, 4	10, 4	1, 00	20	18	1, 11	6, 3
Vespertilio auritus (S.)	4	4			3	2	1, 50	6	5	1, 20	2
Säugthiere des Meeres.											
Balaena Mysticetus (T.)	71	103	89	1, 15	33	32	1, 03	62	50	1, 24	19, 7
Phoca groenlandica (S.)	55	60			25	26	0, 96	50	46	1, 09	10
Monodon Narhwal (T.)	37	71	60	1, 18	24	21	1, 14	45	38	1, 16	9, 8
Trichecus Rosmarus (T.)	13	52	31	1, 67	20	21	0, 96	44, 7	40	1, 12	4
V ö g e l.											
Struthio Camelus (S.)	85	50			57	39	1, 46	75	46	1, 63	36
Strix Bubo (S.)	73	56			40	39	1, 03	79	65	1, 21	32
Falco Chrysaetos (S.)	73	40			42	33	1, 27	57	38	1, 50	27

Stufenleiter der Thiere nach der Entfernung des Punkts des deutlichsten Sehens.

V ö g e l.	v.	b.	b'.	$\frac{b}{b'}$	f.	g.	$\frac{f}{g}$	n'.	u.	$\frac{u'}{u}$	t.
Falco lagopus (T.)	51	32	26	1, 23	54	38	1, 42	46	31	1, 48	22
— Buteo (T.)	46	28	26	1, 08	43	28	1, 54	50	33	1, 52	16
Ardea cinerea (T.)	45		26		31	26	1, 19	50	31	1, 61	9
Meleagris Gallopavo (T.)	40	25	23	1, 08	24	17	1, 41	34	24	1, 41	8, 9
Falco aeruginosus (T.)	40		23		22	18	1, 22	36	27	1, 33	15
Larus (cyanorhynchos Meier?) (T.)	36		19		20, 6	15	1, 37	30	20	1, 50	10, 7
Anas Cygnus mans. (T.)	34	23	22	1, 05	20	17	1, 18	33	27	1, 22	10
Corvus Corone (T.)	33	22	21	1, 05	22	20	1, 10	34	21	1, 63	9
Ardea stellaris (T.)	32	22	22	1, 00	12, 5	9	1, 39	30	22	1, 36	10
— Ciconia (T.)	31	33	31	1, 06	26	23	1, 13	41	29	1, 41	22
Psittacus Aracanga (S.)	30	25			20	14	1, 43	29	18	1, 61	15
Larus tridactylus (T.)	29	20	19	1, 05	27	16	1, 69	36	26	1, 38	16
Strix brachyotos (T.)	26	27	22	1, 23	23	23	1, 00	46	40	1, 15	12
Corvus glandarins (T.)	25	17, 4	16	1, 09	22, 4	15, 2	1, 47	29	21	1, 38	10, 7
Psittacus leucocephalus (T.) . . .	23	16	16	1, 00	12	11	1, 09	22, 4	18	1, 24	9
Falco Nisus (T.)	20		20		15	14	1, 07	32	22	1, 45	
Picus viridis (T.)	20	19	17	1, 12	19	9	2, 11	19, 7	16	1, 23	3, 6
Ardea Nycticorax (T.)	19	27	33	0, 82	24	23	1, 04	47	40	1, 17	11, 6
Anas Anser mans. (T.)	18		26		20	18	1, 11	36	28	1, 28	18
Psittacus rufirostris (T.)	14	11	11	1, 00	11	10	1, 10	19	18	1, 05	7
Sterna fessipes (T.)	14		14		9	11	0, 82	27	18	1, 50	14
Loxia curvirostra (T.)	10, 7	9, 1	7, 2	1, 26	11, 5	8	1, 44	17	13, 3	1, 28	5, 5
Rallus Crex (T.)	9, 8		12		13, 5	12	1, 13	21, 5	15, 2	1, 41	
Oriolus Galbula (T.)	8, 9	14, 6	13, 2	1, 10	16	13	1, 23	25	18	1, 38	9
A m p h i b i e n.											
Testudo Mydas (S.)	41	32			10	10	1, 00	20	19	1, 05	7
— imbricata (T.)	39	18	18	1, 00	12, 2	11, 6	1, 05	24	22, 3	1, 07	7, 2
Crocodylus sclerops (S.)	24	32			20	17	1, 18	34	27	1, 26	9
Lacerta Monitor (S.)	15	18			16	12	1, 33	24	17	1, 41	5
Testudo clausa (T.)	13		11		8	6	1, 33	13, 4	10, 8	1, 24	
— tessellata (T.)	11, 7	10, 4	7, 8	1, 33	8	7, 6	1, 05	15, 2	13, 3	1, 14	8
Rana temporaria (S.)	6	21			10	10	1, 00	20	16	1, 25	4
Coluber Aesculapii (S.)	6	72 *)			7	7	1, 00	14	14	1, 00	6
— Lichtensteinii (T.)	4, 7	$\frac{64 *}{14,5 **}$	22 **)	0,65 **)	8	8	1, 00	16	15	1, 07	1, 8

*) Halbmesser der äussern, **) der innern Hornhaut bei den Schlangen. Man vergl. S. 30.

Stufenleiter der Thiere nach der Entfernung des Punkts des deutlichsten Sehens.

F i s c h e.	v.	b.	b'.	$\frac{b}{b'}$.	f.	g.	$\frac{f}{g}$.	u'.	u.	$\frac{u'}{u}$.	t.
Gadus Morrhua (S.)	40	125			33	33	1, 00	66	66	1, 00	1
Esox Lucius (S.)	20	60			17	17	1, 00	34	34	1, 00	2
Raja clavata (S.)	19	75			19	19	1, 00	38	38	1, 00	5
Gadus Aeglefinus (T.)	16	109	109	1, 00	27	27	1, 00	54	54	1, 00	0, 5
Acipenser Sturio (S.)	15	35			14	13	1, 08	26	23	1, 13	4
Squalus Acanthias (S.)	13	62			21	21	1, 00	42	42	1, 00	10
Trigla Hirundo (T.)	10	63	51	1, 23	19	19	1, 00	38	38	1, 00	8
Cyclopterus Lumpus (T.)	9	85	85	1, 00	10	10	1, 00	24	23	1, 04	5

Diese Tafel beweist, dafs in allen Thierclassen die Gröfse der Entfernung v im Allgemeinen in gradem Verhältnifs mit der Gröfse der Halbmesser der Hornhaut (b, b') und beider Flächen der Linse (f, g), am nächsten mit f, weniger mit b und b', und am wenigsten mit g steht. Der Fälle, in denen f bedeutend von der Progression abweicht, nach welcher v ab- und zunimmt, sind weniger als derer, wo beide so gleichmäfsig fallen und wachsen, als bei den unvermeidlichen Fehlern in der Ausmessung zu erwarten ist. Nur beim Auge des Menschen findet man eine bedeutende Ausnahme. Die Anomalien müfsten aber noch weit häufiger und weit gröfser seyn, als sie sind, wenn der Unterschied zwischen den brechenden Kräften der durchsichtigen Theile des Auges sehr grofs wäre. Wir können daher die Reihen, in welcher die vorstehende Tafel die Thiere nach der Abnahme der Entfernung v geordnet enthält, für eine Stufenleiter dieser Arten nach dem Abstand des Punkts ihres deutlichen Sehens vom Auge annehmen. Ganz der Natur gemäß ist diese Gradation freilich nicht. Um dies zu seyn, müfste das Auge der verschiedenen Thiere nach einerlei Verhältnifs gebauet und zwischen den strahlenbrechenden Kräften desselben gar kein Unterschied seyn. Es bedarf indess dieser Genauigkeit nicht, um allgemeine Folgerungen aus jener Scale herzuleiten, und so werden wir schliessen dürfen, dafs im Allgemeinen der Punkt des deutlichen Sehens bei Thieren, die in einerlei Medium sehen, desto weiter vom Auge entfernt liegt, je gröfser die Thiere sind, und dafs die Entfernung meist in näherer Beziehung mit dieser Gröfse als mit den übrigen Eigenschaften der Thiere steht. Hiervon giebt es zwar Ausnahmen. Beim Elephanten ist v kleiner als beim Pferde und Ochsen, bei der Gemse kleiner als beim Capuzineraffen. Allein es ist hier von einer Regel, nicht von einem Gesetz die Rede. Es versteht sich auch, dafs die Regel sich nur auf Thiere anwenden läfst, die in Rücksicht auf das Medium, durch welches die Strahlen zu ihrem Auge gelangen, nicht verschieden sind. Man hat also dabei Thiere, die in der Luft sehen, von denen, die unter dem Wasser leben, und selbst die Vögel von den vierfüfsigen Thieren des Landes zu unterscheiden. In Betreff des Verhältnisses der Dimensionen und strahlenbrechenden Kräfte des Auges zur Lebensweise der Thiere, lassen sich aus der vorstehenden Tafel folgende Schlüsse ziehen.

1. Von Säugthieren des Landes und Vögeln, die in der Gröfse der Entfernung v mit einander übereinkommen, oder einander nahe stehen, haben die Säugthiere fast durchgängig gröfsere Halbmesser der Hornhaut und beider Flächen der Linse als die Vögel. Bei den meisten Säugthieren müssen daher die brechenden Kräfte des innern Auges stärker als bei den meisten Vögeln seyn. Der vornehmste von den strahlenbrechenden Theilen des Auges, die Linse, ist in der That auch weicher bei den meisten Vögeln als bei den meisten Säugthieren. Sie hat bei jenen keinen so harten Kern als bei diesen, und der-

selbe bekommt bei den erstern in Weingeist entweder gar nicht, oder nur theilweise, die hornartige Beschaffenheit, die er bei den letztern annimmt.

2. Vergleicht man die Wasserthiere mit den Säugthieren des Landes, so findet man bei jenen in der Regel eine weit flachere Hornhaut als bei den letztern. Die Halbmesser der Linse sind zwar bei jenen, wie bei den Vögeln, kleiner als bei diesen Säugthieren, doch nicht so klein, daß dadurch allein die so beträchtliche Gröfse des Halbmessers der Hornhaut ausgeglichen werden könnte. Die Wasserthiere müssen also eine Linse von stärkerer strahlenbrechender Kraft als die Landthiere haben.

3. Bei den nächtlichen Thieren und den Wasserthieren sind in der Regel beide Halbmesser f , g der Linse weit weniger in der Gröfse von einander verschieden, als bei den Landthieren des Tages. Das Verhältniß $g : f$ ist bei jenen meist $1 : 1,0$, selten über $1 : 1,1$ oder unter $1 : 0,9$. Bei diesen sinkt dasselbe selten oder nie unter $1 : 1,1$. Am größten ist es unter diesen bei dem Menschen, den Affen und mehreren Vögeln.

4. Die nächtlichen Thiere und die Wasserthiere unterscheiden sich auch darin von den Säugthieren des Landes, daß bei ihnen die Linse sich weit mehr der Kugelgestalt als bei diesen nähert. Der Beweis dieses Satzes ergiebt sich aus einer Vergleichung der Axen der Linse mit der Summe der Halbmesser f und g der obigen Tafel. Ganz kugelförmig ist die Linse bei vielen Fischen.

5. Bei weitem die meisten Thiere haben eine Linse von einer größern hintern als vordern Krümmung. Doch erstreckt sich das Verhältniß $g : f$ bei diesen Ausnahmen nicht unter $1 : 0,8$.

Mit welchen Modifikationen des Gesichts diese Verhältnisse in Beziehung stehen, werden wir in der Folge zu zeigen suchen.

IV.

Vom Sehen in der Ferne und in der Nähe.

Wenn man von der Entfernung spricht, bis auf welche sich das Gesicht erstreckt, so kann man darunter die Sphäre entweder des deutlichen Sehens, oder auch nur des Sehens überhaupt verstehen. Die letztere hat einen weit größern Halbmesser als die erstere, und für jene ist die Stufenleiter der Thiere eine andere als für diese. Die Weite des deutlichen Sehens steht, wie im vorigen Abschnitt gezeigt wurde, ziemlich genau mit dem Abstand der Linse von der Netzhaut in der Augenaxe in Verhältniß. Die Ferne des Sehens überhaupt aber hängt bei den Landthieren von der absoluten Gröfse des Halbmessers der auswendigen Fläche der Cornea ab. Je größer dieser ist, desto mehr Strahlen von fernen Gegenständen können durch die Hornhaut zum Innern des Auges gelangen, und desto leichter können solche Gegenstände als sichtbare empfunden werden. Dies gilt jedoch nur von den Landthieren. Für die Wasserthiere hat die Hornhaut keinen solchen Werth beim Auffassen der Strahlen, daß die Gränzen des Gesichts sich nach ihr schätzen lassen. Wir werden hiervon unten das Weitere auseinandersetzen.

Ordnen wir die Säugthiere des Landes und die Vögel der vorigen Tafel nach diesem Maafs des Fernsehens, so erhalten wir die folgende Stufenleiter:

<i>Equus Caballus</i>	73	<i>Strix Bubo</i>	56.
<i>Bos Taurus</i>	66.	<i>Struthio Camelus</i>	50.
<i>Elephas asiaticus</i>	65.	<i>Falco Chrysaëtos</i>	40.
<i>Antilope Rupicapra</i>	64.	<i>Ardea Ciconia</i> ...	33.
<i>Felis Lynx</i>	55.	<i>Falco lagopus</i>	32.
<i>Didelphis gigantea</i>	50.	— <i>Buteo</i>	28.
<i>Canis Lupus</i>	45.	<i>Ardea Nycticorax</i>	27.
— <i>Vulpes</i>	38.	<i>Strix brachyotos</i>	27.
<i>Homo</i>	34.	<i>Psittacus Aracanga</i>	25.
<i>Simia Inuus</i>	30.	<i>Meleagris Gallopavo</i>	25.
<i>Hystrix cristata</i>	30.	<i>Anas Cygnus mans.</i>	23.
<i>Marmota alpina</i>	28.	<i>Ardea stellaris</i>	22.
<i>Ursus Arctos</i>	27.	<i>Corvus Corone</i>	22.
<i>Lutra vulgaris</i>	26.	<i>Larus tridactylus</i>	20.
<i>Ursus Lotor</i>	25.	<i>Picus viridis</i>	19.
<i>Simia Capucina</i>	24.	<i>Corvus glandarius</i>	17.
<i>Castor Fiber</i>	23.	<i>Oriolus Galbula</i>	15.
<i>Mustela Foina</i>	23.	<i>Psittacus rufirostris</i>	11.
<i>Didelphis virginiana</i>	20.	<i>Loxia curvirostra</i>	9.
<i>Sciurus vulgaris</i>	19.		
<i>Meles Taxus</i>	19.		
<i>Cavia Cobaya</i>	18.		
<i>Mus amphibius</i>	14.		
<i>Cricetus vulgaris</i>	12.		
<i>Vespertilio auritus</i>	4.		

Die Folge, worin hier die Thiere erscheinen, ist verschieden von der Reihe, die sie in der vorigen Tafel ausmachen. Im Allgemeinen sind zwar auch hier die größern Thiere die weitersehenden. Allein diese Regel hat Ausnahmen. Besonders fällt es auf, daß die Vögel, die in der Entfernung des Punkts des deutlichsten Sehens den, in der Gröfse des Körpers ihnen ohngefähr gleichen Säugthieren meist vorgehen, diesen in der Weite des Gesichts meist untergeordnet sind, und daß der Mensch hierin mit den Vögeln übereinkömmt. Es steht z. B. die große Ohreule, der Strauß und der Goldadler in Hinsicht auf den erstern Punkt über, in Betreff des letztern unter dem Ochsen und Elephanten. Der Mensch wird in der Weite des Gesichts überhaupt von der Gemse, dem Luchs und mehreren andern Thieren übertroffen, für welche der Radius der Sphäre des deutlichsten Sehens weit kleiner als für ihn ist.

Diese Folgerung ist zwar der gangbaren Meinung nicht gemäß. Man schreibt gewöhnlich vielen Vögeln, besonders den Raubvögeln, ein weit höheres Vermögen des Fernsehens als den meisten Säugthieren zu, und man wird es nicht glaublich finden, daß der Ochse dieses Vermögen in eben so hohem, oder noch höherm Grade besitzen sollte. Allein wenn man die Erfahrung gehörig deutet, so ist sie dem obigen Satz keinesweges entgegen. T. Mayer*) fand bei seinen Versuchen über die Schärfe des Gesichts, daß es beim Sehen nicht bloß auf die Erhellung des Gegenstandes und dessen Abstand vom Auge, sondern auch auf die Verhältnisse des Gegenstandes und des Auges zu den Umgebungen ankömmt. Diese sind aber von ganz anderer Art für den Vogel, der von oben herab-

*) A. a. O.

schaute, als für das vierfüßige Thier, dessen Blick aufwärts oder vor sich hin gerichtet ist. Noch Niemand hat die größte Weite gemessen, in welcher ein weit sehender Vogel seine Beute erblickt, und es wird auch immer sehr schwer halten, hierüber Gewissheit zu bekommen. Ich zweifle aber nicht, daß, hätte man hierüber sichere Erfahrungen, jene Weite nicht größer ausfallen würde, als die Entfernung, bis zu welcher der Blick einzelner, sehr fernsichtiger Menschen reicht. Wenn z. B. Faber *) zum Beweise des scharfen Gesichts der Vögel anführt: „der hochfliegende Adler und der „Milan bemerken die Bewegung kleiner Thiere auf der Erde, der weiße Töpel sehe einen kleinen „Fisch von einer ansehnlichen Höhe, und die Meven, Meerschwalben, Raubmeven und Sturmvögel „kommen von allen Seiten herbeigeflogen, wenn etwas auf dem Wasser Schwimmendes ihre Aufmerksamkeit erregt“, so sind diese Angaben zu unbestimmt, um etwas daraus schließen zu können. Wenn hingegen Rofs **) versichert, auf seiner Reise sichere Beweise erhalten zu haben, daß die Sehkraft des Menschen auf dem Meer über 150 Englische Meilen weit reicht, so ist es glaublich, daß diese Kraft auch bei den, am weitesten sehenden Vögeln auf eine nicht viel größere Entfernung wirken kann.

Dafür spricht aber auch die Erfahrung, daß die Vögel bei einem, im Ganzen nicht sehr ausgezeichneten Vermögen des Fernsehens überhaupt, doch ein schärferes Gesicht in einer größern Entfernung als die meisten Säugthiere haben. Mehrere, hierher gehörige Beobachtungen sind von C. A. Schmid in dessen *Blicken in den Haushalt der Natur* (Halberstadt 1826. S. 26 fg.) erzählt. Einer Singdrossel (*Turdus musicus*), sagt er, wurden in einer bedeutenden Entfernung einzelne Rüsselkäfer von unscheinbarer grauer Farbe, die ein menschliches, noch so geübtes Auge ohne Vergrößerungsglas nicht entdecken konnte, hingeworfen; die Drossel bemerkte sie sogleich und verzehrte sie. Die Schwanzmeise (*Parus caudatus*) durchschlüpfte mit großer Schnelligkeit die Zweige der Bäume und findet auf ganz glatten, nicht aufgeborstenen Aesten ihre Nahrung. Wenn man sich die Stelle merkt, wo sie Halt macht und Futter sucht, so sieht man daran mit dem bloßen Auge keinen Nahrungsstoff, wohl aber mit dem Vergrößerungsglase. Ein sehr zahmes Rothkehlchen (*Sylvia Rubecula* L.) entdeckte von der Höhe eines Zweigs, auf welcher es gewöhnlich seine Ruhestelle hatte, die feinsten Brodkrumen, die in einer Entfernung von wenigstens 18 Fuß auf einen kleinen Raum gelegt waren, in dem Augenblick, wo es den Kopf nach Einer Seite drehete, also mit dem Einen Auge, so sicher, daß es sogleich herabschoß und, ohne zu fehlen, die rechte Stelle traf. Eine Wachtel sahe in einer gleichen Entfernung ein Paar hingeworfene Mohnkörner und zwar auf dieselbe Weise, mittelst des Einen Auges. Eine andere Bestätigung des Obigen findet sich in einem Aufsatze von Audubon über die Sitten des Vultur Aura ***). Um zu bestimmen, ob dieser Geyer durch das Gesicht, oder durch den Geruch seine Nahrung ausspähe, hatte A. eine ausgestopfte Rehhaut auf ein offenes Feld gelegt. Es fand sich bald ein Geyer ein, der die Haut von allen Seiten betastete und daran zerrte, um Fleisch unter ihr aufzufinden, aber sie wieder verließ, als seine Anstrengungen vergeblich waren. Nachdem sich derselbe in die Luft erhoben hatte, kehrte er wieder um und stürzte auf eine, mehrere hundert Ellen (Yards) weit entfernte, kaum fingerdicke Schlange herab. Es lassen sich Umstände denken, die dem Geyer das Wahrnehmen der Schlange erleichterten, z. B. hohe Farben derselben bei unscheinbaren Umgebungen. Aber man wird doch zugeben müssen, daß hier ein scharfes Gesicht in einer beträchtlichen Entfernung statt fand.

*) Ueber das Leben der hochnordischen Vögel. Hft. 2. S. 298. §. 55.

**) Entdeckungsreise, um Baffins-Bay auszuforschen, übers. von Nemnich. S. 79.

***) Account of the Habits of the Turkey Buzzard (*Vultur Aura*), particularly with the view of exploding the opinion, generally entertained, of its extraordinary powers of Smelling. Im *Edinburgh new philosoph. Journal*. Octobr. - Decbr. 1826. p. 172.

Wie aber das Gesicht eines Thiers auch eingerichtet seyn mag, ob für die Nähe oder für die Ferne, so läßt sich doch voraussetzen, daß die Weite des deutlichen Sehens bei keinem Thier auf einen einzigen Punkt beschränkt ist. Für das schärfste Sehen mag es nur eine einzige, bestimmte Entfernung geben. Der Deutlichkeit werden nicht so enge Gränzen gesetzt seyn dürfen, wenn das Gesicht einen erheblichen Werth haben soll. Für den Menschen ist vorzüglich deswegen dieser Sinn so wichtig, weil bei ihm die Sehkraft in mittlern Grade mit ziemlich gleicher Stärke auf sehr verschiedene Entfernungen wirkt. Ein strahlender Punkt macht auf sein Auge keinen merklich verschiedenen Eindruck, wenn sich auch die Entfernung desselben innerhalb gewisser Gränzen verändert. Er kann in der Regel nicht mehr zwei Punkte von einander unterscheiden, wenn sie einen kleinern, äussern Gesichtswinkel als von $30''$ mit einander machen. Erscheinen sie ihm unter diesem Winkel, 10 Zoll vom Auge entfernt, als verschieden, so werden sie zusammenfließen, wenn ihre Entfernung von einander unverändert bleibt, indem sie bis 30 Zoll vom Auge weggerückt werden. Ein gutes Auge wird sie aber auch in größern Fernen unterscheiden, wenn mit ihrem zunehmenden Abstand vom Auge ihre Entfernung von einander so zunimmt, daß sie fortwährend unter einem äussern Gesichtswinkel von $30''$ gesehen werden. Für ein solches Auge werden dann auch zwei Punkte getrennt bleiben, denen ein größerer, äusserer Gesichtswinkel, z. B. von $1'$ bei 8 Zoll Abstand vom Auge entspricht, und die, gleich weit von einander entfernt bleibend, soweit vom Auge fortrücken, daß ihr äusserer Gesichtswinkel sich bis auf $30''$ verkleinert. Es entsteht nun die Frage: Ob und wie sich dieses deutliche Sehen in verschiedenen Weiten aus der Einrichtung des Auges erklären läßt? Bei der Beantwortung sind drei Punkte zu berücksichtigen: das Vermögen der Iris, sich nicht nur bei einem verschiedenen Grade des Lichts, sondern auch bei einer verschiedenen Entfernung des Gegenstandes zusammenzuziehen und auszudehnen; die Zusammensetzung der Krystalllinse aus Schichten von verschiedener Dichtigkeit, und das Vermögen, welches der Mensch besitzt und mit ihm viele Thiere gemein haben, einen und denselben Gegenstand mit beiden Augen zugleich zu sehen.

Wir wollen zuerst die Thatsache untersuchen, daß der Eindruck eines strahlenden Punkts auf das Auge mit einer gewissen Veränderung seines Abstands sich nicht merklich ändert.

In Fig. 50 (Tab. IV.) ist GC die halbe, vordere Fläche der Hornhaut, ED die der Linse, bD die verlängerte Augenaxe, $G\lambda$ der halbe Durchmesser der Iris, B ein strahlender Punkt, dessen Entfernung BC vom Auge anfangs $= 1000$ ist und der nachher bis $bC = 4000$ weggerückt wird. Es sey $\lambda\delta$ der halbe Durchmesser der Pupille für BC , $\lambda\sigma$ für bC . Wenn nun, nach S. 40 des vorigen Abschnitts, $b = 33$, $f = 42$, $g = 20$, $t = 12$, $u = 20$, $h = 46$, $v = 58$, $\lambda\delta = 9,1$ ist, so wird, wie wir dort fanden, der Winkel zBC , unter welchem die äussersten Strahlen des Punkts B bei diesem halben Durchmesser der Pupille zur Netzhaut gelangen, $= 34' 15''$ seyn, und der Strahl Bz , bei den Refraktionsverhältnissen der Linse $n = 1,087$, $p = 0,92$, nach seiner letzten Brechung mit dem hintern Ende der Augenaxe auf der Netzhaut zusammentreffen. Ist nun, wie Bz für BC und $\lambda\delta$, so bh für bC und $\lambda\sigma$ einer der äussersten Strahlen, die von der Pupille durchgelassen werden, und der Halbmesser $\sigma\lambda$ der Pupille $= 13$, so finde ich für die Entfernung $bC = 4000$ den Winkel $hbC = 11' 52''$. Da also bh die Hornhaut aus einer größern Entfernung und unter einem kleinern Winkel als Bz trifft, so muß er eine schwächere Brechung als Bz in der Linse erleiden. Nach meiner Rechnung schneidet er dann die Netzhaut in demselben Punkt, worin diese von der Augenaxe geschnitten wird, oder doch sehr nahe bei diesem Punkt, wenn für ihn $n = 1,064$, $p = 0,942$ ist. Mit der Zunahme der Entfernung Cb ändern sich diese Werthe immer weniger. Für $bC (= 4000)$ wird der Winkel, den ein nach h gezogener Halbmesser der Hornhaut mit der Augenaxe macht, $= 24^\circ 56' 26''$. Würde nun bC unendlich groß, also bh mit der Augenaxe parallel, und träfe dann bh die Hornhaut unter eben diesem Winkel, so schnitte er die Augenaxe auf der Netzhaut bei einer

brechenden Kraft der Linse $n = 1,059$, $p = 0,946$. Die Veränderung dieser Kraft von $a = 4000$ bis $a = \infty$ ist also nicht gröfser für n als $0,005$.

So kann denn das Bild eines strahlenden Punkts auf der Netzhaut bei verändertem Abstände des letztern vom Auge doch ohne merkliche Veränderung bleiben. Beim Wegrücken des Punkts von B nach b wird zwar der Strahlenkegel, den die Hornhaut von ihm empfängt, verschmälert und daher der Eindruck, den er auf die Netzhaut macht, vermindert. Allein mit der Zunahme der Entfernung b C erweitert sich die Pupille; die Abnahme des Winkels h b C wird immer geringer: die Verminderung der Breite des Strahlenkegels und des Eindrucks desselben auf die Netzhaut wird also immer unmerklicher.

Aber auch die Entfernung, worin ein strahlender Punkt dem Auge am deutlichsten erscheint, ist nicht eine und dieselbe, sobald der Punkt mit beiden Augen gesehen wird. Wir sehen mit beiden Augen deutlicher und schärfer, als mit jedem einzelnen, und beide haben meist eine verschiedene Sehkraft, die nicht immer Folge der Angewöhnung, sondern oft, wo nicht immer, im ursprünglichen Bau der Augen begründet ist, indem die Linse des einen Auges nicht immer die nehmliche Gestalt wie die des andern hat *). Es seyen nun a, b (Tab. IV. F. 51) die hintern Enden der innern Axen beider Augen. a b sey die Linie, welche diese Punkte verbindet, c der Mittelpunkt dieser Linie, c d ein Perpendikel in diesem Mittelpunkt auf a b, d der Punkt des deutlichsten Sehens für das Auge a, n der nehmliche Punkt für b. Wenn nun a eben so deutlich den Punkt d, als b den Punkt n sieht, so wird die vereinigte Wirkung beider Augen in d und n nicht verschieden seyn. Diese Gleichheit der gemeinschaftlichen Wirkung wird sich aber auf alle Punkte, die zwischen d und n in der Linie c d liegen, z. B. auf m erstrecken. a sieht zwar diesen nicht so deutlich als den Punkt d, und dem Auge b erscheint er weniger deutlich als der Punkt d. Dafür aber wird er von a deutlicher als n und von b deutlicher als d gesehen. Der Eindruck, den m auf beide Augen zugleich macht, wird also von den Eindrücken, die d und n auf sie hervorbringen, nicht merklich verschieden seyn. Dafs aber doch alle Menschen für jeden Gegenstand, woran sie die kleinsten Theile genau wahrnehmen wollen, eine bestimmte Entfernung wählen, rührt nicht immer davon her, dafs ihnen nur diese Entfernung zum deutlichsten Sehen nothwendig ist, sondern davon, dafs es ihnen in derselben am leichtesten wird, die Augenaxen in dem Objekt möglichst genau zu vereinigen. Mit zunehmenden Jahren wird diese Vereinigung bei nahen Gegenständen immer schwerer, und hierin liegt wohl eben so sehr, als in Veränderungen der Krümmungen der strahlenbrechenden Flächen des Auges der Grund, dafs das Vermögen, nahe Objekte deutlich zu sehen, mit dem Alter abnimmt.

Die zweite, zu beantwortende Frage ist: Ob und wie sich zwei Punkte A, B (Tab. IV. F. 50) und a, b fortwährend von einander unterscheiden lassen, die unter einerlei äusserm Gesichtswinkel A C B, a C b, aber in verschiedenen Entfernungen C B, C b gesehen werden? Wir wollen wie vorhin $C B = 1000$, $C b = 4000$ und den Winkel $a C b = 30''$ annehmen. Gelten nun auch für den jetzigen Fall die nehmlichen Dimensionen und Refractionen des Auges und dieselben Durchmesser der Pupille, $\lambda \delta = 9,1$ für die Entfernung C B und $\lambda \sigma = 13$ für C b, wie oben S. 40 und 49, so ergibt sich Folgendes: Die Punkte a und A haben einen gemeinschaftlichen Axenstrahl a C; b und B aber liegen beide in der Augenaxe. Wenn also dem äussern Gesichtswinkel A C B ein so grofser, innerer

*) Petit, Mém. de l'Acad. des sc. de Paris. A. 1730. p. 6 der 8 Ausg. — Borelli (Journal des Savans. A. 1673.) sagt: das linke Auge sehe immer stärker als das rechte. Le Cat (Traité des sens. p. 204) versichert: er habe diese Erfahrung an mehreren Personen bestätigt gefunden, doch auch andere beobachtet, bei welchen das rechte Auge das stärkere war, und noch andere, die mit beiden Augen gleich gut sahen. Meine Beobachtungen sprechen für die gröfsere Schärfe des rechten Auges bei der gröfsern Zahl der Menschen.

entspricht, dafs die Mittelpunkte der Bilder, die A und B auf der Retina bilden, als verschieden empfunden werden können, so wird zu den Mittelpunkten der Bilder von a und b der nehmliche innere Gesichtswinkel gehören, und diese Mittelpunkte werden also ebenfalls dem Gesichte unterscheidbar seyn. In Betreff der, von B, A und b ausgehenden, äussersten Strahlen B z, A x, b h fanden wir auch, dafs diese sich mit den Axenstrahlen C B, C A, C b entweder auf der Netzhaut, oder doch in hinreichender Nähe bei derselben, um nur einen sehr kleinen Zerstreuungskreis zu bilden, vereinigen. Wenn nun a g der äusserste Strahl des Punkts a ist, der von der Pupille bei σ durchgelassen wird, so verhält sich dieser in Rücksicht auf die Refraktion der Linse eben so gegen A x, wie b h gegen B z. Der Strahl b h vereinigt sich fast in einerlei Punkt wie B z mit der Augenaxe, weil er, an seinem Ursprunge b entfernter von der Hornhaut und bei seinem Durchgange durch die Linse entfernter von deren Mittelpunkt, durch jene gröfsere Entfernung dem Mittelpunkt der Netzhaut mehr zugelenkt, durch diese hingegen weiter davon abgelenkt wird, als B z, und eben so geschieht es auch mit C A, A x und C a, a g. Die Rechnung stimmt mit diesen Schlüssen überein. Wir fanden, S. 40, dafs der Strahl B z, bei $ACB = 30''$ und $BC = 1000$, mit der Augenaxe und der Netzhaut zusammentrifft, wenn für ihn $n = 1,087$, $p = 0,921$ ist; dafs der Axenstrahl A C bei $n = 1,04$, $p = 0,96$ einen innern Gesichtswinkel $= 3,15''$ macht, und dafs sich A x mit diesem Axenstrahl A C bei $n = 1,087$, $p = 0,921$ auf der Netzhaut vereinigt. Wir haben ferner gesehen (S. 49), dafs b h mit dem hintern Endpunkte der Augenaxe zusammenkömmt, wenn für ihn $n = 1,064$, $p = 0,942$ ist. Der innere Gesichtswinkel des Axenstrahls a C bleibt wie vorhin $= 3,15''$, indem auf diesen die Veränderung der Entfernung keinen Einfluß hat. Der Strahl a g schneidet die Augenaxe unter einem Winkel $= 11' 31''$, dessen Scheitelpunkt von der Hornhaut um 4173,5 entfernt ist, und vereinigt sich mit dem Axenstrahl a C auf der Netzhaut bei einer Refraktion der Linse, die für n zwischen 1,0632 und 1,0633, für p zwischen 0,9425 und 0,9434 fällt.

Da die Zusammensetzung der Linse aus Schichten von verschiedener Dichtigkeit bei allen Wirbelthieren statt findet, so wird das Resultat der bisherigen Untersuchungen über den Grund des Vermögens, einen und denselben Gegenstand in verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen, von den Augen aller dieser Thiere gelten müssen. Nur der Grad dieses Vermögens wird nach dem verschiedenen Verhältnifs des Volumens und der Dichtigkeit jener Schichten und nach der gröfsen oder geringern Beweglichkeit der Pupille nicht anders als sehr verschieden seyn können. Vorzüglich wird darin die Lage des Kerns der Linse einen Unterschied hervorbringen. Aus den Tafeln der Dimensionen des Auges des Menschen und der Thiere (S. 22 u. 24) folgt, dafs dieser Kern im Mittelpunkt der Linse bei der Wasserratze, dem Eichhörnchen, dem Meerschweinchen und dem Ochsen, hingegen bei den übrigen Thieren weiter nach vorne als nach hinten liegt. Welchen Einfluß auf die Vereinigung der Strahlen bei verschiedenen Entfernungen des Objekts diese Lage aber auch haben mag, so werden doch ohne Zweifel durch die Linse alle Strahlen auf der Netzhaut concentrirt, die bei der gröfsen und geringsten Entfernung des Objekts zur Hornhaut gelangen und nicht von der Iris aufgefangen werden. Wenn die letztere sich bei allen Thieren nach einerlei Gesetz zusammenzieht und erweitert, so wird sich die Gröfse des Unterschieds zwischen dem Maximum und Minimum des Abstands, in welchem ein und derselbe Gegenstand bei einerlei Beleuchtung dem Auge deutlich erscheint, nach der Gröfse der auswendigen Fläche der Cornea richten. Diese Fläche aber verhält sich wie die Summe der Quadrate der halben Sehne und des Sinus versus des gröfsen auswendigen Bogens der Hornhaut. Sucht man also diese Summen für den Menschen und die Thiere auf, so hat man an denselben eine Stufenleiter des Unterschieds zwischen den Halbmessern der gröfsen und kleinsten Sphäre des deutlichen Sehens, oder der Breite des letztern. Ich habe dieselben nach den Zahlen der ersten und zweiten Tafel des zweiten Abschnitts und der Tafeln in Sömmering's Commentatio de oculorum et c.

sectione horizontali für einige Säugthiere und Vögel berechnet, sie auf die, welche ich für die Hornhaut des Menschen fand, als die Einheit reducirt, und so folgende Zahlen erhalten:

	Breite des deutlichen Sehens.		Breite des deutlichen Sehens.
Equus Caballus	4,39.	Strix Bubo	4,38.
Antilope Rupicapra	3,87.	Struthio Camelus	3,68.
Felis Lynx	3,11.	Falco Chrysaëtos	2,33.
Canis Vulpes	2,14.	Ardea Nycticorax	1,72.
Ursus Arctos	1,10.	Strix brachyotos	1,72.
Mustela Foina	1,09.	Ardea Ciconia	1,72.
Homo	1,00.	Falco lagopus	1,31.
Simia Capucina	0,64.	— Buteo	1,19.
Lutra vulgaris	0,64.	Meleagris Gallopavo	0,76.
Meles Taxus	0,54.	Anas Cygnus	0,75.
Cavia Cobaya	0,49.	Ardea stellaris	0,59.
Sciurus vulgaris	0,39.	Corvus Corone	0,40.
Mus amphibius	0,39.	Psittacus rufirostris	0,15.

Es versteht sich, daß die größern dieser Zahlen wegen der, bei der größern Entfernung statt findenden größern Schwächung des Lichts einer Veränderung bedürfen. Allein wenn überhaupt bei allen, das Sehen betreffenden Rechnungen große Schärfe nicht erreichbar ist, so muß man um so mehr bei diesem Punkt darauf Verzicht thun, wobei nicht nur der verschiedene Grad des Zusammenziehungsvermögens der Iris in Anschlag gebracht, sondern auch berücksichtigt werden müßte, was keiner Bestimmung in Zahlen fähig ist, die verschiedene Empfänglichkeit der Netzhaut für den Eindruck des Lichts bei dem Menschen und den verschiedenen Thieren.

V.

Ob es ein Einrichtungsvermögen des Auges nach der Entfernung der Gegenstände giebt? Die Nickhaut der Thiere.

Man hat das Auge mit der Camera obscura verglichen und auf dieser Vergleichung manche Hypothesen über ein Vermögen gebauet, die strahlenbrechenden Kräfte des Auges nach der Entfernung der Gegenstände abzuändern. Aus den bisherigen Untersuchungen erhellet, was von jener Vergleichung zu halten ist. Es läßt sich zwar im Allgemeinen das Seheorgan der Wirbelthiere dem Apparat, wodurch auf dem Hintergrunde eines dunkeln Behälters die Bilder der äussern Gegenstände vorgestellt werden, für ähnlich erklären. Das Mittel, wodurch in der Camera obscura die Strahlen gebrochen werden, hat aber mit der Linse des Auges nur die linsenförmige Gestalt gemein, nicht die Zusammensetzung aus Schichten, welche vom Umfange nach dem Mittelpunkte an Dichtigkeit zunehmen, und es

fehlt daran eine Pupille, die sich sowohl nach dem Grade der Erleuchtung, als nach der Entfernung des Objekts verengert und erweitert. Es war also sehr unrichtig, daraus, daß die Linse der Camera obscura, um die Bilder deutlich zu machen, für ferne Gegenstände dem Hintergrunde mehr genähert, für nahe weiter davon entfernt werden muß, zu schließen, etwas Aehnliches finde im Auge beim Nahe- und Fernesehen statt, da man über den Einfluß des innern Baus der Krystalllinse auf die Strahlenbrechung im Auge noch nichts ausgemacht hatte.

Es kann ein Einrichtungsvermögen des Auges nach der Entfernung des Gegenstandes in einer doppelten Bedeutung geben. Man versteht entweder darunter das Vermögen, zwei Punkte A, B (Tab. IV. F. 50) deutlich als verschieden zu sehen, ihre Entfernung C B vom Auge mag so groß oder so klein seyn, wie man will, wenn nur der äussere Gesichtswinkel A C B, unter welchem sie gesehen werden, unverändert bleibt, also ihr Abstand B A von einander mit ihrer Entfernung B C vom Auge zunimmt; oder das Einrichtungsvermögen bezieht sich auf die deutliche Unterscheidung zweier Punkte R und B, a und b, die in verschiedenen Entfernungen C B, C b vom Auge einen gleichen Abstand $R B = a b$ von einander behalten, also unter verschiedenen äussern Gesichtswinkeln R C B, a C b dem Auge erscheinen. Diese beiden Bedeutungen sind nie gehörig unterschieden worden. Man glaubte, genug gethan zu haben, wenn man erklärte, wie von einem und demselben, in der Augenaxe liegenden Punkt, bei verschiedenen Entfernungen desselben vom Auge, ein scharf begränztes Bild auf der Netzhaut entstehen könne, ohne auf die, zum deutlichen Sehen eben so nothwendige, scharfe Begränzung der, ausserhalb der Augenaxe liegenden, strahlenden Punkte Rücksicht zu nehmen.

Es giebt allerdings ein Vermögen, die strahlenbrechenden Kräfte des Auges nach der Entfernung des Objekts abzuändern. Dieses aber besitzen nur die Thiere, und das Organ, wodurch dasselbe ausgeübt wird, hat nichts mit denen gemein, die man bisher dafür annahm. Es ist die Nickhaut, die, über die Hornhaut gezogen, die Refractionen der Strahlen so verändert, daß vermittelt derselben ein strahlender Punkt in einer gewissen Entfernung eben so deutlich, als ohne sie in einem andern Abstand gesehen werden kann, oder mit andern Worten: durch das Vorziehen der Nickhaut wird das Auge zum Nahe- oder Fernesehen eingerichtet.

Man hat bisher die Nickhaut noch wenig oder gar nicht in Beziehung auf das Sehen beachtet. Ich habe sie bei mehreren Thieren untersucht und gefunden, daß sie bei allen nach der Form der Hornhaut gekrümmt ist und bei den Säugthieren aus einer vierfachen, durchsichtigen Substanz besteht; einer innern, hornartigen Platte; einer auswendigen und inwendigen, glatten Haut, und einer Lage von Zellgewebe. Die Platte hat eine ähnliche Dichtigkeit wie die Hornhaut. Ihre vordere und hintere Krümmung sind nicht merklich von einander verschieden. Die inwendige Haut liegt ihr unmittelbar an. Zwischen ihr und der auswendigen Haut aber befindet sich eine Lage von Zellgewebe, die in der Mitte weit dicker als am Rande ist, also der ganzen Nickhaut nach aussen eine größere Convexität als der Hornhaut giebt. Die Dicke dieser Lage nimmt gewöhnlich von der Mitte nach dem äussern Augenwinkel weit mehr ab, als von der Mitte nach dem innern Augenwinkel, in welchem die Nickhaut befestigt ist. Bei den Vögeln fehlt die hornartige Platte. Die inwendige Haut aber hat bei ihnen desto mehr Festigkeit und Elasticität. An dem freien, nach dem äussern Augenwinkel hingekehrten Rand ist ihre Nickhaut mit einem umgeschlagenen, häutigen Saum besetzt. Bei der Carette (*Testudo imbricata* Merr.) besteht dieser Ueberzug des Auges blos aus einer knorpelartigen Platte, die auf beiden Seiten mit einer dünnen Membran bedeckt ist. Es hält schwer, die Dicke dieser Haut zu bestimmen, weil man sie nur im zusammengezogenen Zustande messen kann, worin ihre weiche Substanz immer gekräuselt ist. Ich schätzte indess ihre größte Dicke beim Fuchs auf 0,9, bei dem Hausmarder und der Flusssotter auf 0,7, beim rauhbeinigen Falken (*Falco lagopus*) auf 0,6, beim Nachtreiher (*Ardea Nycticorax*) auf 0,4, bei der Carette auf 0,3 der Pariser Linie. Ihre innere Krümmung hat immer

einerlei Halbmesser mit der äussern der Hornhaut. Der Radius ihrer äussern Krümmung ist um so kleiner, je dicker sie in der Mitte und je dünner sie am Rande ist.

In F. 52 (Tab. IV.) sey $n t T N$ die Art von Hornhaut, bei welcher die äussere Krümmung $n P t$ einen kleinern Halbmesser als die innere $N E T$ hat. In F. 53 stelle $\angle E \Sigma$ eine Hornhaut vor, bei welcher umgekehrt der Radius der innern Krümmung $\angle H \Sigma$ kleiner als der Halbmesser der äussern $N E T$ ist. Wenn nun $A K B T P N$ (F. 52) die über das Auge gezogene Nickhaut bedeutet, und der Radius der vordern Krümmung $A K B$ dieser Haut grösser als der Halbmesser sowohl der hintern, als der vordern Krümmung, $N E T$ und $n P t$, der Hornhaut, ihre brechende Kraft aber mit der der letztern einerlei ist, so wird die Cornea $n t T N$ durch jenen Ueberzug in eine andere $N A B T$ verwandelt, die einerlei innere Krümmung $N E T$ mit der vorigen, aber eine grössere äussere Curvatur $A K B$ als diese besitzt. Hätte hingegen die vordere Krümmung $A K B$ der Nickhaut einen kleinern Radius als die vordere Fläche $n P t$ der Hornhaut, so würden beide Häute in ihrer Vereinigung eine dritte vorstellen, deren Gestalt die nehmliche wie die der vorigen, deren vordere Krümmung aber noch stärker als bei dieser seyn würde. Eben so erhellet aus F. 53 (Tab. IV.) wie eine Hornhaut $\angle N E T \Sigma$, die hinten eine stärkere Krümmung $\angle H \Sigma$ als vorne bei $N E T$ hat, auf verschiedene Weise in ihrer Gestalt und Dicke verändert werden kann, je nachdem die Nickhaut die Gestalt $N K T$, $A E B$ oder $A K B$ hat.

Der Einfluss dieser Veränderungen auf die Strahlenbrechung im Auge ist am leichtesten zu schätzen, wenn wir $G I R$ (Tab. IV. F. 52) für einen Strahl eines Punkts G in der Augenaxe annehmen, welcher, dieser unendlich nahe, erst auf die vordere Fläche $n P t$ der Hornhaut und dann auf die vordere Seite $A K B$ der vorgezogenen Nickhaut fällt. Es sey die Entfernung $G P$ des Punkts G von der vordern Fläche der Hornhaut $= a$, die Dicke $P E$ der letztern $= u$, die Dicke $K P$ der Nickhaut in der Augenaxe $= v$, der Radius der vordern Krümmung $n P t$ der Hornhaut $= \beta$, ihrer hintern Krümmung $N E T$ $= b$, der vordern Curvatur $A K B$ der Nickhaut $= c$. Wenn nun $G R$ von $n P t$ nach $R d$, von $N E T$ nach $H f$, und $G I$ von $A K B$ nach $I a$, von $N E T$ nach $L c$ gebrochen wird; wenn ferner $E d = x$, $E f = y$, $E a = P$, $E c = Q$, und das Verhältniss der Brechung aus der Luft in die Hornhaut und Nickhaut $= r : 1$, aus der Hornhaut in die wässrige Flüssigkeit $= q : 1$ ist, so hat man

$$x = \frac{a \beta r}{(r-1) a - \beta} - u, \quad y = \frac{b q x}{b - (1-q) x},$$

$$P = \frac{(a-v) c r}{(r-1) (a-v) - c} - (u+v), \quad Q = \frac{b q P}{b - (1-q) P}.$$

Das Verhältniss von P gegen x und von Q gegen y wird sehr verschieden ausfallen, je nachdem c zu β , β zu b und v zu u ein grösseres oder kleineres Verhältniss hat.

Um zu finden, welche Entfernung von der Hornhaut der Punkt G haben muss, um dem von der Nickhaut entblößten Auge eben so deutlich als dem damit überzogenen zu erscheinen, setze man die Entfernung desselben für das bewaffnete Auge $= z$, und $x + u + v = Z$. Das Uebrige bleibt wie in den vorigen Formeln. Es ist dann $Z = \frac{a \beta r}{(r-1) a - \beta} + v$ und $z = \frac{c Z}{(r-1) Z - c r}$.

Als erläuterndes Beispiel möge das Auge des Fuchses dienen. Ich fand an diesem $\beta = 37,7$, $b = 32$, $u = 2,7$. Die Form der Hornhaut ist also bei diesem Thier die des Meniscus $N F E P$, (F. 37. Tab. III). Die Dicke v der Nickhaut schätzte ich auf 0,9. Die Sehne der äussern Krümmung der Hornhaut ist $= 71,6$ und der Sinus versus derselben $= 26,8$. Eben diese Chorde gehört der äussern Krümmung der Nickhaut an. Der Sinus versus der letztern ist also $= 26,8 + 0,9 = 27,7$.

Der Halbmesser der äussern Curvatur der Nickhaut, oder c , ergibt sich hieraus $= 36,9$. Ueber das Maafs der strahlenbrechenden Kräfte der Hornhaut, der Nickhaut u. s. w. des Fuchses fehlt es an Erfahrungen. Da es hier aber nur darauf ankömmt, das Bewiesene zu erläutern, so sey $q = 0,96$. Dieser Werth von q pafst auf die Augen der meisten Thiere. Die Hornhaut und Nickhaut können eine nicht geringere brechende Kraft als der mittlere Theil der Linse haben, für welchen r im Mittel $= 1,4$ ist. Wenn nun $a = 12000 = 8' 4''$ ist, so wird $Z = 133,8$ und $z = 2654 = 1' 10''$.

Der nehmliche Punkt wird also, wenn die Hornhaut und die Nickhaut die obige Gestalt haben und diese über das Auge ausgebreitet ist, in einer Entfernung von 1 Fufs 10 Zoll eben so deutlich gesehen, als ohne die Nickhaut in einer fast 5mal gröfsern Entfernung. Wäre umgekehrt in dem obigen Beispiel c gröfser als β , so würde durch die Nickhaut die entgegengesetzte Wirkung hervor gebracht und das Auge durch sie zum Fernsehen eingerichtet. In diesem Falle könnte sich aber das Gleichbleiben der Deutlichkeit nur auf den, in der Augenaxe liegenden Punkt des Objekts erstrecken. Die Nickhaut kann nicht machen, dafs zwei nahe Punkte eben so scharf in einer Entfernung von 5 Fufs, wie in einem Abstände von 1 Fufs, unterschieden werden. Wenn $M P G$ (Tab. IV. F. 52) der kleinste äussere Gesichtswinkel ist, unter welchem die Punkte M und G , in der Entfernung $G P$ von der unbedeckten Hornhaut, dem Auge getrennt erscheinen, und $M G$ bis $F P$ vom Auge weggerückt wird, während $M G = S F$ bleibt, so verkleinert sich der Winkel $M P G$ bis auf $S P F$. Der Strahl $M P$ wird von $A P B$ nach $P t$, von $N E T$, nach $u i$, der andere $S P$ von $A P B$ nach $P o$, von $N E T$ nach $z p$ gebrochen. Es sey x der Mittelpunkt des Bogens $N E T$. Man ziehe aus diesem nach z und u die Halbmesser $x z$, $x u$, so haben die Dreiecke $P u x$, $P z x$ die Seiten $P x$, $z x = u x$ mit einander gemein. Der Winkel $u P E \left(= \frac{M P G}{r} \right)$ ist gröfser als $z P E \left(= \frac{S P F}{r} \right)$.

Also $P u x < P z x$, $x u t > x z o$ und $x u i \left(= \frac{x u t}{q} \right) > x z p \left(= \frac{x z o}{q} \right)$. Der Strahl $S P$ wird also nach seiner letzten Brechung einen kleinern innern Gesichtswinkel als $M P$ machen müssen, und, wenn schon der, zu $M P$ gehörige der kleinste ist, bei welchem die Punkte M , G unterschieden werden können, so wird bei dem, unter welchem die Punkte S , F dem Auge erscheinen, zwischen diesen, auch nach vorgezogener Nickhaut $A K B$, deren Dicke in $K P$ hier ohne bedeutenden Einfluss ist, keine Trennung mehr statt finden.

In dem Vermögen, auf solche Weise das Auge nach der verschiedenen Entfernung des Objekts durch Ausbreitung der Nickhaut einzurichten, besitzen die Thiere einen Vorzug vor dem Menschen. Als man dem letztern ein ähnliches Vermögen zuschrieb, dachte man immer nur an einen, in der Augenaxe liegenden, strahlenden Punkt, dessen Strahlen, wie man glaubte, sich nach der verschiedenen Entfernung desselben in verschiedener Entfernung von der Linse vereinigen müfsten, und von welchen kein scharf begränztes Bild auf der Netzhaut entstehen könnte, wenn nicht die Vereinigungsstelle nach dem Abstände des Objekts verändert würde. Allein aus den Lehren der vorigen Abschnitte über den Einfluss der Zusammensetzung der Linse aus Schichten, deren Dichtigkeit nach dem Mittelpunkt der Linse zunimmt, ergibt sich, dafs die Vereinigungsstelle bei veränderter Entfernung des Objekts keine merkliche Veränderung erleidet, solange die Strahlen mit der Augenaxe einen Winkel von merklicher Gröfse machen. Wird dieser Winkel unendlich klein, so gehen freilich die der Augenaxe unendlich nahen Strahlen fast durch einerlei Schichten der Linse und beinahe in gleicher Richtung; es wirken auf sie fast einerlei brechende Kräfte, und die Strahlen des fernern Punkts schneiden die Augenaxe früher als die des nähern. Aber eben weil diese Strahlen einen unendlichen kleinen Winkel mit der

Augenaxe machen, so können auch zur weitesten und nächsten Entfernung des Punkts nur innere Gesichtswinkel von einer solchen Kleinheit gehören, daß ihre Verschiedenheit keinen weitem Einfluß auf das Sehen als einigen Unterschied in der scheinbaren GröÙe des strahlenden Punkts bei seiner größten und geringsten Entfernung haben wird. Die Wirklichkeit dieses Unterschieds hat Niemand geleugnet und kann Niemand leugnen. Es bedarf also keiner Hypothesen, um die Möglichkeit des Gegentheils von diesem Unterschied begreiflich zu machen. Was man eigentlich hätte erklären sollen, aber nicht zu erklären versuchte, weil man das aufzulösende Problem nicht bestimmt ausgedrückt hatte, war die Möglichkeit, bei einerlei Beleuchtung zwei Punkte in einer gröÙern Entfernung vom Auge als verschieden wahrzunehmen, die in der nehmlichen Entfernung von einander, aber in geringerer vom Auge, schon unter dem kleinsten äussern Gesichtswinkel gesehen werden, worunter sie in der letztern Entfernung sich von einander unterscheiden lassen. Allein diese Möglichkeit läßt sich weder in der Erfahrung, noch in der Theorie nachweisen, und man kann sich also die Mühe ersparen, sie aus dem Bau des Auges zu erklären.

Die innern Veränderungen des Auges, die man angenommen hat, um zu erklären, wie sich die Strahlen von einem nähern und entfernten Punkt gleichmäÙig auf der Netzhaut vereinigen können, würden für die Unterscheidung des Punkts von einem andern, ihm nahe liegenden, grade die entgegengesetzte Wirkung von der haben, die sie für diesen Zweck haben sollten. Man hat vorausgesetzt, der Augapfel würde beim Nahesehen durch die Zusammenziehung der graden Augenmuskeln zusammengedrückt; dadurch bekäme die Hornhaut eine stärkere Krümmung und die innere Augenaxe eine gröÙere Länge, und so würde bewirkt, daß das Bild des nahen Punkts sich mit gleicher Deutlichkeit auf der Netzhaut darstellte wie das des fernern. Es sey aber B (Tab. IV. F. 49) ein strahlender Punkt in der Augenaxe und U ein zweiter, ausserhalb dieser Axe, der mit ihm den kleinsten äussern Gesichtswinkel UCB macht, unter welchem beide in der Entfernung BC unterschieden werden können. Der Strahl Ba geht von B durch $a f h m$ und der Axenstrahl UC von U durch $C b g n$ zur Netzhaut. Die innere Augenaxe muß für die Entfernung CB die Länge Cm haben, wenn der Vereinigungspunkt m des Strahls $h m$ mit der Augenaxe grade auf die Netzhaut $K' L'$ fallen soll. Der Axenstrahl UC trifft dann nach seiner letzten Brechung die Netzhaut $K' L'$ in dem Punkt m' unter dem innern Gesichtswinkel $m T m'$. Würde nun BU von B nach A weggerückt, so daß beide Punkte eine bedeutend gröÙere Entfernung AC vom Auge als vorhin erhielten, so würde, der Voraussetzung nach, die innere Augenaxe sich bis Ci verkürzen müssen, damit B sich mit gleicher Schärfe, wie zuvor, in i auf der Netzhaut KL darstellte. Der Winkel UCB verwandelt sich jetzt aber in den weit kleinern $U'CA$. Auf die Brechung der Axenstrahlen UC , $U'C$ hat die Veränderung der Krümmung der Hornhaut GCH keinen merklichen Einfluß. Da also $U'CA$ kleiner als UCB ist, so muß auch der innere Gesichtswinkel, den der Strahl $U'C$ nach seiner letzten Brechung mit der Augenaxe macht, weit kleiner als $m T m'$ seyn, und wenn schon der Bogen mm' der kleinste Abstand ist, den die Punkte m und m' von einander haben dürfen, um nicht zusammenzufließen, so müssen sie sich um so mehr zu einem einzigen Bilde vereinigen, wenn nicht nur der Winkel $i T n$ verkleinert, sondern auch die Netzhaut $K' L'$ in die Lage KL gebracht wird. Sollten sie für das Gesicht getrennt bleiben, so müÙte sich die Netzhaut $K' L'$ in eben dem Verhältniß von der Hornhaut entfernen, in welchem die Winkel UCB und $m T n'$ kleiner werden. Es würde also hierzu gleichzeitig die entgegengesetzte Veränderung des Auges von der erforderlich seyn, welche eintreten soll, damit der Punkt B eben so deutlich in A als in B gesehen wird.

Im 6ten Bande der Biologie (S. 496. §. 3.) habe ich aus anatomischen Gründen die Hypothesen geprüft, die über die abgeblichen, innern Veränderungen des Auges beim Nahe- und Fernesehen

aufgestellt wurden. Das Resultat dieser Untersuchungen war, daß keines der Mittel, welche man hierzu ersonnen hat, für entsprechend dem Zwecke gelten kann. Man hat seit der Erscheinung jenes Werks neue Beweise für die Wirklichkeit solcher innern Veränderungen aufgestellt und neue Erklärungsgründe davon hergenommen, ohne meine Gegengründe zu beachten. Ich kann aber weder die einen, noch die andern für richtig anerkennen.

Brewster *) glaubt, die folgende Erfahrung beweise, daß es ein Vermögen giebt, das Auge den verschiedenen Entfernungen des Gegenstandes anzupassen, durch welches zugleich die Erweiterung der Pupille hervorgebracht wird. Er schrieb auf einem Stück Papier die Worte: On the eye, brachte ein Blatt weißen Papiers hinter dem Worte the und zwei solche Blätter hinter dem Worte eye an, befestigte das Ganze an das Ende eines Auszugrohrs und näherte sein Auge dem andern Ende, so daß er alle Worte mittelst des Lichts einer, hinter dem Papier gehaltenen Kerze lesen konnte. Das Wort on war stärker als das Wort the und dieses stärker als das Wort eye erleuchtet. Jetzt brachte er das Papier dem Auge so nahe, als es anging, um das Wort on noch mit voller Deutlichkeit zu erkennen. Wenn dies geschehen war, so konnte er es durch keine Anstrengung dahin bringen, das Wort the und noch weniger das Wort eye zu lesen. Er sahe darauf nach diesem durch eine enge Oeffnung, die ihm, wenn die Verengerung der Pupille ein deutliches Sehen verschaffte, dieses hätte gewähren müssen. Aber sie vermehrte im Gegentheil die Undeutlichkeit der beiden letzten Worte. Erhellte er hingegen die Worte the und eye eben so stark als das Wort on, oder brachte er eine andere Kerze dem Auge so nahe, daß die Pupille sich verengern mußte, so konnte er sie mit Deutlichkeit lesen. Ich habe diesen Versuch wiederholt und mich überzeugt, daß der Erfolg eine ganz andere Erklärung, als die von Brewster gegebene, zuläßt. Man kann, wenn man die Schrift dem Auge so nahe bringt, daß das Wort on noch mit Deutlichkeit zu lesen ist, und wenn man das Auge nicht von der Seite erleuchtet, die übrigen Worte darum nicht lesen, weil durch die stärkere Erleuchtung des Wortes on und durch die zum Lesen desselben erforderliche Anstrengung, die Reizbarkeit der Netzhaut so sehr erschöpft wird, daß sie von dem schwächern Eindruck der Worte the eye nicht mehr gerührt werden kann. Erleuchtet man bei diesem Versuch das Auge von der Seite, so kann dies nicht geschehen, ohne daß etwas Licht in das Auszugrohr reflektirt wird und die vorher dunkeln Stellen mehr erhellet werden, daß also eine andere, als die von Brewster angegebene Ursache mit ins Spiel kömmt. Mit der Verengerung und Erweiterung der Pupille hat der Erfolg in beiden Fällen unmittelbar nichts gemein. Wäre Brewster's Meinung gegründet, so müßte sich, wenn das Auge von der Seite erleuchtet ist und die Worte the eye lesbar werden, das Wort on nicht mehr deutlich erkennen lassen, welches doch nach meiner Erfahrung keinesweges der Fall ist. Ich finde auch die Worte the eye in einerlei Nähe mit dem Worte on eben so gut lesbar als dieses, wenn sie nicht zu sehr verdunkelt sind. Hat man hinter ihnen zu dickes Papier angebracht, so bleiben sie in jeder Entfernung vom Auge undeutlich, oder man muß in einerlei Grade mit ihnen das Wort on ebenfalls verdunkeln und durch ein gleichförmiges, schwächeres Licht die Erregbarkeit der Netzhaut zum Steigen bringen.

Brewster führt noch weiter für seine Meinung an, daß nach seiner Erfahrung kurzsichtige Personen am Abend fernsichtiger werden. Dieser Satz ist aber nicht allgemein wahr. Er gilt nur da, wo mit der Kurzsichtigkeit ein gewisser Grad von Lichtscheue verbunden ist. Personen, die damit behaftet sind, sehen aber nicht nur entfernte, sondern auch nahe Gegenstände deutlicher bei mäßigem Lichte, als bei starker Erleuchtung.

*) Edinburgh Journal of Science. T. I. p. 77.

Als Erklärungsgrund verschiedener Ereignisse beim Sehen ist die Hypothese von Veränderungen des Refraktionszustandes des Auges nach der verschiedenen Entfernung des Objekts in Joh. Müller's Werke *Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns des Menschen und der Thiere* (Leipzig 1826) angewandt. „Wenn wir“, sagt der Verfasser, „einen Gegenstand mit beiden „Augen fixiren, in welchem Falle mit der Convergenz der Seheaxen in dem Punkte der Fixation „zugleich unwillkürlich das Auge im Zustande der Refraktion für die bestimmte Ferne ist, ist es uns „nicht möglich, bei der bleibenden Neigung der Seheaxen in dem Gegenstande, das Bild zugleich „einfach und undeutlich zu sehen.“ Diese Thatsache hat ihre Richtigkeit. Die darauf gebauete Erklärung des willkürlichen undeutlich Sehens aus der Einrichtung beider Augen auf einen verschiedenen Refraktionszustand ist aber unrichtig. Diese Art von Sehen entsteht aus einem Schwanken der Richtung beider Augenaxen zwischen Divergenz und Convergenz. Sobald dieses Schwanken aufhört, tritt entweder Divergenz mit undeutlichen Doppelbildern, oder Convergenz mit deutlichem, einfachen Bilde ein. Es geht also gar nicht, wie Müller (S. 208) meint, „aus dieser wichtigen und bisher „immer übersehenen Thatsache hervor, daß der Refraktionszustand des Auges auf das Engste mit der „beweglichen Neigung der Seheaxen, oder der Muskelbewegung des Auges für die Fixation von „Gegenständen verschiedener Entfernung verbunden ist.“

Eine andere Thatsache, die ebenfalls richtig beobachtet, aber unrichtig erklärt ist, kömmt S. 214 des Müllerschen Werks unter der Aufschrift vor: „In wie fern die Neigung der Seheaxen von dem „Refraktionszustand des Auges abhängig sey.“ Sie besteht darin, daß wir beim Sehen eines Gegenstandes mit dem einen Auge, während das andere geschlossen ist, nach Oeffnung des letztern im ersten Augenblick Doppelbilder sehen, die sich aber bald zu einem einfachen Bilde vereinigen. Müller sucht auch hier wieder die Erklärung in der Voraussetzung eines verschiedenen Refraktionszustandes des geschlossenen und des offenen Auges, da sie doch aus einem nicht hypothetischen Grund abgeleitet werden kann. Mit dem Schließen der Augenlider ist immer ein Wälzen des Augapfels verbunden, und solange jene geschlossen sind, hat dieser eine andere Lage als nach Oeffnung derselben. Es kann also, wenn das eine Auge offen, das andere geschlossen ist, die Richtung der Augenaxen in beiden nicht die nehmliche seyn, und es bedarf nach dem Oeffnen des letztern einer Anstrengung, um dessen Axe mit der des erstern convergent zu machen. Bevor diese Convergenz eingetreten ist, müssen nothwendig Doppelbilder statt finden *). Daß ein verschiedener Refraktionszustand beider Augen nicht Ursache des Doppelsehens ist, erhellet daraus, weil bei den meisten Menschen das eine Auge kurzsichtiger als das andere ist, und doch die Gegenstände von ihnen einfach gesehen werden.

Sehr irrig ist auch eine Hypothese, die ein neuerer Schriftsteller, Mile **), auf einer andern richtigen Erfahrung gebauet hat. Man spanne ein Haar oder einen dünnen Faden B D (Tab. IV. F. 54) horizontal aus und betrachte diesen der Länge nach aus einem Punkte i, der etwas hinter und über dem einen Ende D desselben liegt, so wird der Theil q p, auf welchen die Augenaxe gerichtet ist, als eine einfache Linie erscheinen; hingegen werden sich die beiden, disseits und jenseits q p liegenden Theile B q, p D als von q und p nach B und D divergirende Büschel n q m, a p c zeigen. Richtet man die Augenaxe r i auf eine andere Stelle des Fadens, z. B. auf f, so rückt r nach f fort und der Büschel n q m wird kürzer, während sich der andere a p c verlängert. Mile glaubt, diese Veränderung könne nicht eintreten, wenn nicht das Auge das Vermögen besäße, in verschiedenen Entfernungen

*) Müller führt selber (S. 271) eine Erfahrung an, die beweiset, daß die Axe des geschlossenen Auges eine andere Lage als die des offenen hat.

**) De la cause, qui dispose l'oeil pour voir distinctement les objets placés à différentes distances, in Magendin's Journal de Physiologie. T. VI. p. 179.

gleich deutlich zu sehen. Versteht man unter dem deutlichen Sehen das Erblicken des Theils qp als einer einfachen Linie, so findet ein solches Vermögen freilich statt. Dieses beruht aber blos auf der Zusammensetzung der Linse aus Lagen von verschiedener Dichtigkeit und auf der Veränderung des Durchmessers der Pupille nach der verschiedenen Entfernung des Objekts. Wenn die Augenaxe ri sich auf r richtet, so erhält die Pupille einen, der Entfernung ri angemessenen Durchmesser und die Strahlen des Punkts vereinigen sich auf der Netzhaut, solange ri sich nicht unter eine gewisse Gränze verkürzt. Hingegen die Strahlen der Punkte B, f, v können nicht in einerlei Punkt der Netzhaut zusammentreffen, weil die für ri passende Weite der Pupille nicht den Entfernungen Bi, fi, vi angemessen ist. Wird die Augenaxe auf den Punkt f gerichtet, so verändert sich die Pupille nach dem Abstand fi und es erscheint der Punkt f einfach, die Strahlen von r aber behalten nicht mehr einen einfachen Vereinigungspunkt auf der Retina. Dafs, wenn r in der Augenaxe ist und ein einfaches Bild hat, auch die demselben benachbarten Punkte von r bis q und p ebenfalls einfach vorgestellt werden, rührt blos von der Kleinheit des Unterschieds zwischen den Entfernungen qi, pi und dem Abstände ri her. Die Theile rq, rp werden in der That auch schon von r nach q und p immer breiter, und es fängt die Divergenz der Linien ap und pc, nq und qm schon von dem Punkte r an, nur so allmählig, dafs sie anfangs nicht bemerkbar ist.

Mile hat die Ursache der Divergenz anderswo gesucht. Er meint, sie rühre von der Diffraction der Strahlen am Rande der Pupille her. Seine Erklärung ist folgende: Es sey r (Tab. IV. F. 55) ein strahlender Punkt und pp' der Durchmesser der Pupille. Die von r ausgehenden Strahlen rp rp' streifen den Rand der Pupille und werden durch dessen Einwirkung in die Büschel $apa, a'p'a'$ zerlegt. Von den Strahlen $pa, p'a'$ dieser Büschel schneiden sich alle, welche mit den ursprünglichen Strahlen rp, rp' gleiche Winkel machen, in einerlei Linie oo'' . Die Vereinigungspunkte o, o', o'' bringen, indem sie auf die Netzhaut tt' fallen, eine Empfindung von dem strahlenden Punkt r hervor. Da sie eine ununterbrochene Linie oo'' ausmachen, so kann sich bei einerlei Durchmesser pp' der Pupille die Entfernung rd des Punkts r etwas verändern, ohne dafs der Eindruck auf die Netzhaut tt' verändert wird, wie bei dem Versuche mit dem gespannten Haar der Fall ist. Mit grossem Rechte wirft sich Mile selber bei dieser Erklärung die Frage auf: Wie sich denn die Netzhaut gegen die übrigen, ausserhalb oo'' liegenden Vereinigungspunkte der Strahlen beider Büschel, z. B. gegen n und n' , verhält. Diese Schwierigkeit weifs er nur mit der Voraussetzung zu heben, die Wirkung der Vereinigung der Strahlen in o' überwiege so sehr den Eindruck, den ihre Vereinigung in n und n' hervorbringt, dafs der letztere gar nicht empfunden werde. Aber die Strahlen beider Büschel wirken ohne Zweifel um so stärker auf die Netzhaut, je weniger sie von ihrem ursprünglichen Wege rp , oder rp' abweichen. Der Eindruck von $p'n'$ wird also stärker als der von $p'o'$ seyn, und wenn auch $p'n$ eine geringere Wirkung als $p'o'$ hervorbringt, so werden doch pn und $p'n$, so wie $p'n'$ und pn' , zugleich einen eben so kräftigen Eindruck als die vereinigten Strahlen po' und $p'o'$ machen. Liefse sich indefs diese Schwierigkeit auch so leicht wegräumen, wie Mile meint, so wäre doch noch die Frage übrig, an die Mile nicht gedacht zu haben scheint: Was denn die Ursache ist, dafs sich die Strahlen rk und rk' , die nicht den Rand der Pupille berühren, bei Veränderung der Entfernungen des Punkts r auf der Netzhaut vereinigen.

VI.

Vom Sehen im Wasser.

Nach den Resultaten der Brewsterschen Versuche in der dritten Tafel des zweiten Abschnitts (S. 32) ist die brechende Kraft des Wassers $= 1,336$, während die wässrige Flüssigkeit des Kabljau die aus der Luft kommenden Strahlen in dem Verhältniß von $1,341:1$ bricht. Man muß zwar zugeben, daß die brechende Kraft der letztern im Leben größer ist, als sie sich nach dem Tode zeigt. Aber der Unterschied zwischen ihr und der des Wassers bleibt doch so gering, daß von ihr keine erhebliche Wirkung auf die Strahlenbrechung im Auge der Wasserthiere angenommen werden darf. Es fragt sich nun: Ob die Hornhaut diese mangelnde Wirkung ersetzen kann? Die Antwort ergibt sich aus der

Formel $x = \frac{a b m}{a (m - 1) - b}$ (S. 11), worin a die Entfernung eines strahlenden Punkts in der Augenaxe von der Hornhaut, b den Halbmesser dieser Haut, m die brechende Kraft der Luft in Verhältniß zu der der Cornea und x die Entfernung des Bildes des strahlenden Punkts von der vordern Fläche der Hornhaut bedeutet. Es bleibe in dieser Formel a unverändert, b aber verwandele sich in β , x in y , und $\rho:1$ sey das Verhältniß der brechenden Kraft des Wassers gegen die der Hornhaut, so ist

$y = \frac{b \beta \rho}{a (\rho - 1) - \beta}$ die Gleichung für die Refraktion durch die vordere Fläche der Hornhaut im Wasser. Wenn nun das Auge, das β zum Halbmesser der vordern Krümmung der Hornhaut hat, den strahlenden Punkt eben so gut im Wasser, als das, welchem b angehört, in der Luft sehen soll, und im Uebrigen die Einrichtung beider Augen die nehmliche ist, so muß $x = y$, also auch

$$\frac{a b m}{a (m - 1) - b} = \frac{a \beta \rho}{a (\rho - 1) - \beta} \text{ seyn, woraus folgt } \beta = \frac{a b m (\rho - 1)}{(m - \rho) b + a \rho (m - 1)}.$$

Nach Brewster's erwähnten Versuchen ist beim Schaaf $m = 1,386$. Da für die brechende Kraft des Wassers die Zahl $1,336$ gilt, so wird $\rho = \frac{1,386}{1,336} = 1,037$. b ist nach meinen Ausmessungen

beim Schaaf $= 63$. a sey $= 1000 = 6,8'$. Bei diesen Voraussetzungen findet sich $\beta = 8,05$. Also müßte ein Wasserthier, bei welchem die vordere Fläche der Hornhaut eine andere Krümmung als beim Schaaf hätte, dessen Auge aber im Uebrigen eben so wie bei diesem gebauet wäre, einen fast 8mal kleinern Halbmesser jener Fläche als das Schaaf haben, um einen 6,8 Fufs entfernten Punkt mit der nehmlichen Deutlichkeit im Wasser zu erkennen, womit derselbe vom Schaaf in der Luft gesehen wird, wenn das Licht beim Durchgange durch das Wasser nicht mehr als beim Durchgange durch die Luft geschwächt würde. Da aber diese Schwächung sehr bedeutend ist, so muß grade umgekehrt die vordere Fläche der Hornhaut weniger convex als beim Landthier seyn, um bei einem größten Bogen von einer gleichen Zahl Grade desto mehr Strahlen auffangen zu können.

Von dieser Gestalt finden wir in der That auch die Hornhaut bei den Thieren, für die das Wasser das einzige Medium des Gesichts ist, den Fischen. Sie ist zugleich bei diesen so dünn, daß sie für die Brechung der Strahlen wenig oder gar keinen Werth haben kann. Hier muß also die Linse das vornehmste Organ für die Refraktion seyn. Hätte diese aber die nehmliche Gestalt und dieselbe brechende Kraft wie bei den Landthieren, so würde entweder der Abstand der Netzhaut von ihr unverhältnißmäßig lang, oder die strahlenbrechende Kraft des Glaskörpers weit stärker als bei den Landthieren seyn müssen. Da, wo die beiden letztern Bedingungen nicht statt finden, muß die

Linse entweder eine weit längere Axe in Verhältniß zu den Halbmessern ihrer beiden Krümmungen, oder eine weit grössere Wirkung auf die Strahlen als bei den Landthieren haben. Bei den meisten Fischen zeichnet sich die Linse auf beiderlei Art, sowohl durch eine grofse Dicke, als durch ein starkes Refraktionsvermögen aus. Gewöhnlich ist sie bei ihnen kugelförmig. Diese Gestalt steht jedoch, wie wir unten sehen werden, noch mit andern Eigenheiten im Sehen, als blos mit denen, die in der grössern Dichtigkeit des umgebenden Mediums begründet sind, in Beziehung.

Aus der obigen Berechnung der Werthe für b und β beim Sehen im Wasser und in der Luft folgt, dafs ein Thier, dessen Auge für das eine Medium organisirt ist, in dem andern nur ein sehr stumpfes Gesicht haben kann. Dieser Schlufs bestätigt sich auf eine, noch mehr in die Augen fallende Art, wenn wir in den obigen Gleichungen für x und y diese beiden Gröfsen, so wie β und b , einander gleich setzen, für y aber eine Entfernung α annehmen, in welcher ein Punkt in der Augenaxe unter Wasser gesehen wird, während die Entfernung a für das deutliche Sehen eines solchen Punkts in der Luft gilt. Es ist dann

$$\frac{a b m}{a (m - 1) - b} = \frac{\alpha b \rho}{\alpha (\rho - 1) - b}. \quad \text{Folglich } \alpha = \frac{a b m}{b \rho - a (m - \rho)}.$$

Es sey, wie oben, $b = 63$, $m = 1,345$, $\rho = 1,037$: so wird $\alpha = \frac{a \cdot 87,318}{65,331 - 0,349 \cdot a}$. Hier

darf a schon nicht über 187,1 seyn, weil sonst $a (m - \rho)$ gröfser als $b \rho$, also α negativ werden würde. Setzt man $a = 187,1 = 1,5'$, so wird $\alpha = 16337 = 11' 4''$. Einem Schaaf würde also, bei Voraussetzung der obigen Refraktionszahlen für m und ρ , ein strahlender, in der Augenaxe befindlicher Punkt unter Wasser in einer Entfernung von 11 Fufs 4 Zoll eben so erscheinen, wie in der Luft, wenn er nur 1,5 Zoll vom Auge entfernt wäre und das Licht bei seinem Durchgange durch das Wasser nicht mehr als beim Strahlen durch die Luft geschwächt würde. In der letztern Weite ist aber für das Schaaf kein deutliches Sehen in der Luft möglich. Es wird also ein solches für dasselbe auch unter Wasser in dem erstern Abstände des Objekts nicht statt finden, und da a höchstens nur 187,1 seyn kann, so wird es für dasselbe überhaupt gar kein deutliches Sehen unter Wasser geben. Dieser Schlufs gilt nun aber allgemein, was für Werthe a , b , m und ρ auch haben mögen. Und umgekehrt folgt aus der obigen Formel auch, dafs ein Thier, dessen Auge für das Wasser organisirt ist, in der Luft nur ein stumpfes Gesicht haben kann. Daher hat die Natur in einigen Fällen, wo die Lebensweise eines Thiers es nothwendig macht, in beiden Elementen deutlich zu sehen, demselben für jedes Medium ein eigenes Auge gegeben. So besitzt der *Gyrinus Natator*, der gewöhnlich an der Oberfläche des Wassers, halb untergetaucht, halb an der Luft schwimmt, auf jeder Seite zwei Augen, Ein Paar auf dem Scheitel des Kopfs für die Luft, Ein Paar unter dem Kopfe für das Wasser *). Und so ist wahrscheinlich auch der *Cobitis anableps*, welcher an jedem Auge eine obere und untere Hornhaut von verschiedener Krümmung, und für jede Hornhaut eine besondere Vorderfläche der Linse hat, fähig, mit der einen Augenhälfte in der Luft, mit der andern im Wasser zu sehen **).

Das Gesicht überhaupt mit einerlei Augen läfst sich aber darum dem Landthier im Wasser und dem Wasserthier auf dem Lande nicht absprechen. Das Landthier wird zwar im Wasser von einem, in der Augenaxe $A m$ (Tab. IV. F. 49) liegenden, strahlenden Punkt B , den es in der Entfernung α sieht, kein deutliches Bild erhalten, doch ein deutlicheres, als es bekommen würde, wenn die Deut-

*) Geoffroy Hist. des Ins. des environs de Paris. T. I. p. 194. De Geer Mém. pour servir à l'Hist. des Ins. T. IV. p. 357. Léon Dufour, Annales des sciences natur. par Audouin et c. T. III. p. 218.

**) Sömmering (De oculorum et c. sect. horiz. p. 68. Tab. III.) fand bei diesem Fisch den Halbmesser der obern Hornhaut $= 1,0$, der untern $= 1,2$, beider Krümmungen des obern Theils der Linse $= 0,5$ und beider Krümmungen des untern Theils derselben $= 0,2$ Pariser Linien.

lichkeit bloß von den Strahlen abhänge, die der Seheaxe unendlich nahe auf die Hornhaut fallen. Daß dies nicht der Fall ist, haben wir oben gesehen. Jeder andere, von B ausgehende Strahl B a, der einen nicht sehr kleinen Winkel a B C mit der Augenaxe macht, wird von der Linse E F stärker gebrochen, wenn das Auge unter Wasser ist, als wenn es sich in der Luft befindet. Indem er die vordere Seite E δ F der Linse in der Lage a f trifft, macht a f, im Wasser schwächer durch die Hornhaut gebrochen, mit der Augenaxe einen größern Winkel und schneidet diese in geringerer Entfernung von C, als in der Luft nach stärkerer Brechung durch die Hornhaut. In gewissem Maas ersetzt also im Wasser die stärkere Brechung durch die Linse, was der schwächern durch die Hornhaut abgeht. Deshalb kann ich Munke'n nicht beistimmen, wenn er in einem Aufsätze über das Sehen des menschlichen Auges unter Wasser *) dasselbe überhaupt für unmöglich erklärt.

Dieser Einfluß der Zusammensetzung der Linse aus Schichten von verschiedener Dichtigkeit auf die Strahlen, welche sie in verschiedener Richtung treffen, muß desto größer seyn, je größer ihre Axe ist und je zahlreicher ihre Schichten von verschiedenem Brechungsvermögen sind. Daher haben, wie die, S. 43 mitgetheilte Tafel zeigt, die Phoken, das Walroß, der Wallfisch, das Narhwal und die, unter und über dem Wasser lebenden Amphibien eine Linse, deren Axe gegen den Durchmesser groß ist. Bei mehreren hat dieses Organ eine fast kugelförmige Gestalt, wie bei den Fischen.

Wie aber auch das Auge gebauet seyn mag, so ist es doch nicht möglich, daß es für beide Elemente gleich gut organisirt seyn kann. Das Landthier sieht immer schlecht im Wasser und das Wasserthier schlecht in der Luft. Jenes ist im Wasser fernsichtig, dieses in der Luft kurzsichtig. Ein Thier, dessen Augenbau gleichmäßig für das Wasser und für die Luft eingerichtet ist, kann in dem einen und dem andern Element nur ein unvollkommenes Gesicht haben.

Mit diesen Schlüssen stimmen in der That auch die zuverlässigern Erfahrungen über das Sehen der, in und ausserhalb dem Wasser sich aufhaltenden Thiere überein.

Vorzüglich würden die Robben das Vermögen, sowohl über, als unter dem Wasser deutlich zu sehen, besitzen müssen, wenn dieses Vermögen einem Thier verliehen wäre. Ich habe aber schon im 6ten Bande der Biologie (S. 509) Gründe angeführt, die vermuthen lassen, daß die Seehunde ausserhalb dem Wasser ein sehr stumpfes Gesicht haben, und spätere, von Rosenthal gemachte Erfahrungen haben meine Vermuthung bestätigt. In einem Aufsätze über die Sinnesorgane der Seehunde **) sagt dieser Naturforscher: „Wir haben uns an einem lebenden Seehunde (*Phoca Grypus* Fabr.) überzeugt, „daß das Thier in der Luft immer kurzsichtig ist: denn wenn wir demselben Fische nebst andern „Körpern, z. B. Holz oder Steine vorhielten, so unterschied es jene nur alsdann deutlich, wenn sie so „nahe gebracht wurden, daß das Geruchsorgan in Wirksamkeit treten konnte.“ ***).

*) Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. B. 2. S. 257.

**) Verhandl. der Kaiserl. Leopold. Carolin. Akad. der Naturforscher. B. 4. S. 682.

***) Kurz vor dieser Stelle wird von Rosenthal gesagt: es sey durch Péron's Beobachtungen erwiesen, daß das Auge der Robben in beiden Medien entweder gar keine, oder doch nur sehr geringe Veränderungen erleide. Darüber hat sich Péron nicht geäußert. Dieser führt bloß Erfahrungen an, woraus sich schliessen läßt, daß das Sehevermögen der Robben ausserhalb dem Wasser nur gering ist.

Harwood sagt in einem Aufsatz über den Bau und die Sitten der Robben: er habe oft beobachtet, daß die Robben nach dem Auftauchen aus dem Wasser, sich erst nicht zu rechte zu finden wüßten und keine Gegenstände deutlich unterscheiden könnten, bis ihre Augen sich nach dem dünnern Medium, dem sie jetzt ausgesetzt wären, eingerichtet hätten. (Journal of Science. New Series. Jan. - March. 1827. p. 75.) Mit demselben Rechte könnte man schliessen, ein Mensch, der den Kopf unter Wasser gehabt hat und vor dem herabträufelnden Wasser anfangs nicht sehen kann, besitze ein Vermögen, das Auge dem Sehen in der Luft anzupassen.

So giebt auch Scoresby als das Resultat seiner Beobachtungen über das Gesicht der Wallfische an, daß sie in klarem Wasser unter dessen Oberfläche sehr fernsichtig sind, hingegen ausserhalb dem Wasser nicht weit sehen *).

Faber erzählt in seinem Werke Ueber das Leben der hochnordischen Vögel (S. 298. §. 55.): „Die Taucher sähen über dem Wasser nicht so gut als die Stofstaucher, hingegen unter, demselben besser als diese, wo sie eigentlich auch bestimmt wären, ihre Nahrung zu suchen“. Also schließt auch bei den Vögeln das Vermögen, in dem einen Element gut zu sehen, Schärfe des Gesichts für das andere aus. Faber wirft noch die Frage auf: „Ob etwa die Taucher, um die unmittelbare Einwirkung des Wassers zu verhindern, unter dem Tauchen die Nickhaut vor das Auge ziehen, wie wenn sie gegen die Sonne sehen“? Aus dem, was sich im Obigen über die Wirkung der Nickhaut auf das Sehen ergab, folgt, daß das Vorziehen dieser Haut das Mittel ist, wodurch die Taucher und alle andere Landthiere, die unter Wasser ihre Nahrung suchen, in den Stand gesetzt werden, nicht etwa blos die unmittelbare Wirkung des Wassers von den Augen abzuhalten, sondern auch ihre Beute wahrzunehmen. Da indeß das Licht beim Durchgang durch das Wasser weit mehr als beim Durchgang durch die Luft an Stärke verliert und dasselbe noch mehr durch die vorgezogene Nickhaut geschwächt werden muß, so kann auch mit Hülfe dieser Haut kein Thier eben so deutlich unter Wasser als in der Luft sehen.

VII.

Vom Sehen ausserhalb der Augenaxe.

Wir sehen nur den Punkt mit völliger Deutlichkeit, der in der Augenaxe liegt, und entweder zieht dieser unsere Aufmerksamkeit gang auf sich, oder das Auge irret von einem Gegenstande zu einem andern, ohne den Blick auf einen einzelnen Punkt zu heften. Was ausserhalb der Augenaxe liegt, erscheint in desto unbestimmtern Umrissen, je größer der äussere Sehewinkel ist, unter welchem es wahrgenommen wird. Es läßt sich denken, daß dieses Gesetz nicht so für alle Thiere gültig wäre. Es sey QR (Tab. IV. F. 56) eine völlig kugelförmige Krystalllinse, PFp eine Hornhaut, die mit ihr einerlei Mittelpunkt C hat, Pmn der Rand des Durchmessers der Iris, mn die Pupille und AB die durch die Mitte der Pupille gehende Augenaxe, so ist jeder Strahl ab eines, ausserhalb AB liegenden Punkts a , der nicht von der Iris Pm aufgefangen wird, eine Axe des Auges GH . Der Punkt a wird zwar nicht eben so stark als A auf die Netzhaut wirken können, weil von diesem der ganze Strahlenbüschel iAk , den er zur Linse sendet, von jenem aber nur ein Theil oad des Büschels xad durch die Pupille dringen kann. Aber der Unterschied zwischen den Wirkungen beider Punkte wird doch weit geringer als beim Menschen seyn, bei welchem die sämmtlichen von a ausgehenden Strahlen erst nach vielfachen Brechungen zur Netzhaut gelangen.

*) Whales are observed to discover on another, in clear whater, when under the surface, at an amazing distance. When at the surface, however, the do not see far. (W. Scoresby Account of the arctic regions. Vol. I. p. 465.)

Es ist bisjetzt kein Thier gefunden, welches genau diese Bildung des Auges hätte. Es giebt aber viele, deren Augenbau sich dieser Struktur sehr nähert. Viele Fische haben eine Krystalllinse, die ganz, oder doch beinahe ganz kugelförmig ist. Der größte Bogen $P r p$ (F. 56) ihrer Hornhaut gehört zwar meist einem, mit einem sehr großen Halbmesser und aus einem, vom Mittelpunkt C der Linse verschiedenen Punkt der Axe $A B$ beschriebenen Kreise an. Aber diese Haut ist bei ihnen so dünn und ihre wässrige Feuchtigkeit hat eine so wenig größere brechende Kraft als das Medium ihres Sehens, daß die Strahlen der Gegenstände ihres Gesichtskreises vor dem Eintritt derselben in die Linse nur eine geringe Ablenkung von dem graden Wege erleiden können. Das Sehen dieser Thiere ist also von dem des Menschen darin sehr verschieden, daß ihnen alle, ausserhalb der Augenaxe liegende Gegenstände weit deutlicher als diesem erscheinen.

Unter den Säugthieren giebt es eine beträchtliche Menge Arten, bei welchen die Krümmung der auswendigen Fläche der Hornhaut und der vordern Fläche der Linse einerlei Mittelpunkt haben. Wenn man in der obigen Tafel (S. 43) die Summe des Radius der vordern Fläche der Linse und des Abstands der Linse von der Hornhaut, oder $f + t$, mit dem Halbmesser b der auswendigen Fläche der Hornhaut vergleicht, so findet man bei den mehrsten Säugthieren einen so geringen Unterschied zwischen diesen Größen, daß man denselben für Folge der Schwierigkeit, so kleine Theile genau zu bestimmen, halten darf. Es ist z. B. bei

dem Pferde	$b = 73,$	$f + t = 74.$
Elephanten	— — 65,	— — — 67.
Murmeltier	— — 28,	— — — 27.
Fuchs	— — 37,7,	— — — 39.
Hausmarder	— — 23,	— — — 22,8.

Hingegen bei den sämtlichen Vögeln, bei den Affen und vor allen beim Menschen ist er so bedeutend, daß er in der Struktur des Auges begründet seyn muß. Der Mensch und nächst ihm die Affen und Vögel sehen daher die Gegenstände ausserhalb der Augenaxe am wenigsten deutlich.

Dieser Verschiedenheit im Sehen entspricht der Grad der Beweglichkeit des Augapfels im Thierreiche. Am wenigsten beweglich ist dieses Organ bei den Fischen, am meisten beim Menschen. Den Vögeln ersetzt die große Beweglichkeit ihres Kopfs, was ihrem Augapfel daran abgeht.

Mit dem größern Vermögen, ausserhalb der Augenaxe zu sehen, ist gewöhnlich auch ein höherer Grad des Vermögens, die Gegenstände bei schwacher Beleuchtung zu erkennen, verbunden. Alle Säugthiere, die jenes besitzen, gehen ihrer Nahrung sowohl im Dunkeln, als bei Tage nach, und die Fische leben in einem Element, das immer weniger erleuchtet ist, als die Luft. Es ist leicht zu erachten, wie ihnen, beim Spähen im Dunkeln nach Beute und Futter, der schärfere Eindruck, den jeder, von irgend einer Seite in ihren Gesichtskreis kommende Gegenstand auf ihr Auge macht, von Nutzen seyn muß. Indefs gilt nicht umgekehrt der Satz, daß ein Auge, welches für das Sehen im Dunkeln organisirt ist, auch zum schärfern Sehen ausserhalb der Augenaxe eingerichtet seyn muß. Wo ein solches Auge die Bestimmung hat, möglichst scharf in der Augenaxe zu sehen, da finden wir das Sehen ausserhalb der Augenaxe diesem Hauptzwecke nachgesetzt. So verhält es sich beim Maulwurf, dessen Hornhaut eine solche hyperbolische Krümmung hat, daß sie fast einem Kegel mit abgerundeter Spitze gleicht. Im Hintergrunde des Auges dieses Thiers müssen sich Gegenstände, die in der Augenaxe nahe vor der Hornhaut liegen, sehr scharf darstellen, während alle, seitwärts liegende Objekte nur einen sehr unbestimmten Eindruck auf die Netzhaut machen können.

Die Schärfe des Sehens in der Augenaxe für fernere Gegenstände wird befördert durch Verflachung der vordern Krümmung der Linse. Je flacher diese ist, desto weniger Zurückwerfung erleiden die, neben der Augenaxe und parallel mit derselben auf die Linse fallenden Strahlen. Aber mit

jener Verflachung vermindert sich der innere Sehwinkel für die Strahlen, die von einem, ausserhalb der Seheaxe liegenden Punkt kommen, und mit dieser Verminderung nimmt das Vermögen ab, solche Punkte als verschieden wahrzunehmen, wenn nicht in dem Maafs, wie die Flachheit des vordern Theils der Linse zunimmt, entweder ihre hintere Fläche mehr gekrümmt, oder ihr vorderes Segment vergrößert wird. Deswegen hat bei den meisten Thieren der hintere Abschnitt der Linse einen kleinern Halbmesser als der vordere. Der Radius des hintern Segments ist in der Regel etwas kleiner, der des vordern etwas gröfser als der halbe Durchmesser der ganzen Linse. Ausnahmen hiervon machen, nach der obigen Tafel (S. 43): *Felis Lynx*, *Canis Vulpes*, *Ursus Lotor*, *Hystrix cristata*, *Phoca groenlandica*, *Trichecus Rosmarus* und *Sterna fissipes*. Bei einigen dieser Thiere bedarf es aber noch wiederholter Messungen, ehe man sie mit Zuverlässigkeit für Ausnahmen von der Regel annehmen darf.

Durch das Verhältnifs des Sehens in und ausserhalb der Augenaxe wird die Gröfse und Gestalt der, von der Netzhaut bedeckten Höhlung des Auges und des Glaskörpers bestimmt. Je mehr sich die Gestalt der Linse der Kugelform nähert, desto kürzer wird bei gleichen übrigen Umständen der Abstand der Linse von dem Hintergrunde des Auges in Vergleichung mit der Entfernung des Durchmessers des Auges von jenem Hintergrunde. Die folgende Tafel enthält Beispiele von der Beziehung zwischen diesen Gröfsen. Es bedeuten darin $\frac{P}{Q}$, $\frac{f}{g}$, $\frac{u'}{u}$ die Exponenten von Verhältnissen, und zwar

$\frac{P}{Q}$ der Entfernung des Durchmessers des Auges von dem hintern Ende der innern Augenaxe zum Abstand der Linse von eben diesem Punkt,

$\frac{f}{g}$ des Halbmessers der hintern Krümmung der Linse zum Radius der vordern Krümmung derselben,

$\frac{u'}{u}$ der Axe der Linse zu ihrem Durchmesser.

I.	$\frac{P}{Q}$	$\frac{f}{g}$	$\frac{u'}{u}$	II.	$\frac{P}{Q}$	$\frac{f}{g}$	$\frac{u'}{u}$
Homo	1,56	1,40	1,96.	Anas Cygnus	1,06	1,18	1,22.
Simia Capucina	1,55	1,47	1,65.	Ardea stellaris	1,03	1,39	1,36.
Bos Taurus	1,03	1,19	1,28.	Corvus Corone	1,03	1,10	1,63.
Ursus Arctos	1,00	1,07	1,33.	Picus viridis	1,00	2,11	1,23.
Cavia Cobaya	0,93	1,00	1,08.	Larus tridactylus	0,93	1,69	1,38.
Balaena Mysticetus	0,83	1,03	1,24.	Psittacus leucocephalus	0,92	1,09	1,24.
Lutra vulgaris	0,82	1,08	1,24.	Corvus glandarius	0,90	1,47	1,38.
Meles Taxus	0,74	0,72	1,27.	Loxia curvirostra	0,76	1,44	1,28.
Sciurus vulgaris	0,72	1,50	1,17.	Ardea Ciconia	0,69	1,13	1,41.
Monodon Narhwal	0,70	1,14	1,16.	— Nycticorax	0,43	1,04	1,17.
Canis Vulpes	0,67	0,92	1,28.	Oriolus Galbula	0,37	1,23	1,38.
Mustela Foina	0,66	1,01	1,19.	Testudo imbricata	1,09	1,05	1,07.
Cricetus vulgaris	0,47	1,21	1,11.	— tessellata	1,06	1,05	1,14.
Mus amphibius	0,25	1,00	1,11.	Cyclopterus Lumpus	0,33	1,00	1,04.
Trichecus Rosmarus	0,25	0,96	1,12.	Gadus Aeglefinus	0,29	1,00	1,00.
Falco Buteo	1,25	1,54	1,52.	Trigla Hirundo	0,28	1,00	1,00.
Meleagris Gallopavo	1,17	1,41	1,41.				

Bei dem Menschen und Capuzineraffen liegt also der Durchmesser des Auges weit hinter, bei den mehrsten der übrigen Thiere weit vor dem hintern Ende der Linse. Bei jenen sind aber auch die Exponenten beider Verhältnisse $g:f$ und $u:u'$ zusammengenommen größer als bei diesen. Je mehr sich beide Exponenten zugleich der Summe nähern, die sie beim Menschen ausmachen, desto mehr rückt im Allgemeinen die Linse vom Durchmesser des Auges nach dem Vordergrunde des letztern. So liegt dieselbe nächst dem Menschen und dem Capuzineraffen am weitesten vor dem Durchmesser des Auges beim Mäusebussard (*Falco Buteo*). Dieser steht ihnen aber auch in der Summe jener Exponenten näher als eines der übrigen, in der Tafel angeführten Thiere. Bei der Wasserratze und den erwähnten Fischen sind beide Exponenten sehr klein, und hier liegt der Durchmesser des Auges beinahe am vordern Rand der Linse.

Je mehr sich die Gestalt der Linse der kugligen nähert, desto mehr nähert sich auch der Durchmesser des Kreises, den der hintere Rand des Ciliarkörpers, oder der vordere der Netzhaut bildet, dem Durchmesser des Augapfels. Wenn man die Entfernung des erstern von dem hintern Ende der innern Augenaxe $= 1$ setzt, so ist die Entfernung des letztern von eben diesem Punkt bei

dem Menschen	$= 0,65.$	<i>Lutra vulgaris</i>	$= 1,00.$
<i>Simia Capucina</i>	„ $0,64.$	<i>Trichecus Rosmarus</i>	„ $1,00.$
<i>Bos Taurus</i>	„ $6,70.$	<i>Picus viridis</i>	„ $0,67.$
<i>Sciurus vulgaris</i>	„ $0,81.$	<i>Ardea stellaris</i>	„ $0,77.$
<i>Balaena Mysticetus</i>	„ $0,82.$	<i>Loxia curvirostra</i>	„ $0,78.$
<i>Cricetus vulgaris</i>	„ $0,88.$	<i>Corvus glandarius</i>	„ $0,82.$
<i>Meles Taxus</i>	„ $1,00.$	<i>Meleagris Gallopavo</i>	„ $0,85.$
<i>Canis Vulpes</i>	„ $1,00.$	<i>Psittacus leucocephalus</i>	„ $0,86.$
<i>Ursus Arctos</i>	„ $1,00.$	<i>Testudo imbricata</i>	„ $0,73.$
<i>Mustela Foina</i>	„ $1,00.$	den meisten Fischen	„ $1,00.$

Bei dem Menschen und Capuzineraffen, deren Linse sich weiter als bei den übrigen Thieren von der Kugelgestalt entfernt, liegt also der vordere Rand der Netzhaut am weitesten vor der größten Breite des Augapfels. Bei mehreren Säugthieren und den Fischen, die eine, sich der Kugelgestalt sehr nähernde, oder ganz kugelförmige Linse haben, fällt diese Breite mit jenem Rand ganz zusammen. Bei den übrigen Thieren liegen beide weiter von einander entfernt als bei den Fischen, aber einander näher als beim Menschen.

Ferner, je kleiner der Halbmesser der hintern Krümmung der Linse in Verhältniß zum Radius ihrer vordern Krümmung und der letztere dieser Halbmesser in Verhältniß zu ihrer Axe ist, desto mehr wächst der innere Sehewinkel aller Strahlen, die von Punkten ausserhalb der Augenaxe zum Auge gelangen, desto größer muß also die Fläche der Netzhaut seyn. Dieses Gesetz wird jedoch durch den größern oder geringern Abstand der Linse von der Hornhaut bei übrigens gleichen Umständen abgeändert. Bei einigen Raubvögeln ist dieser Abstand sehr groß in Verhältniß zur Augenaxe, und deswegen erstreckt sich bei ihnen der vordere Rand der Netzhaut nicht so weit nach vorne, als der Fall seyn würde, wenn die Linse bei ihnen nicht weiter als beim Menschen von der Hornhaut entfernt wäre.

Die sämtlichen vorstehenden Gesetze des Sehens ausserhalb der Augenaxe erleiden auch noch einige Einschränkungen von der verschiedenen Textur der Linse und der Gestalt und Lage des Kerns dieses Organs. Wäre dies nicht, so würde bei den Fischen, die eine ganz kugelförmige Linse haben, die von der Netzhaut bedeckte Höhlung des Auges mit der hintern Krümmung der Linse concentrisch seyn müssen, welches doch nicht der Fall ist.

Noch eine andere, hierher gehörige Verschiedenheit zeigt sich bei den Thieren in der Form der Krümmung des Hintergrundes des innern Auges, oder der hintern Krümmung des Glaskörpers.

Wenn in F. 43 (Tab. III.) a f die Axe des innern Auges, a ihr hinteres Ende, b k der halbe Durchmesser des innern Auges, a k d die Krümmung des Hintergrundes des letztern und a z e ein Kreisbogen ist, der mit a k d in a einerlei Krümmung hat, so schneidet dieser bei dem Menschen und mehreren Thieren den Halbmesser b k ausserhalb der Curve a k d. Diese hat also eine gröfsere Krümmung als der Kreisbogen a z e, und der Radius eines, durch die Punkte a und k beschriebenen Kreises ist hier immer kleiner als der Halbmesser des Bogens a z e. Bei einigen Thieren aber findet das Gegentheil statt. Die Belege hierzu enthält die folgende Tafel, worin A den Radius der hinteru Krümmung der Netzhaut und B den Halbmesser eines, durch das Ende der Axe und des Durchmessers des innern Auges beschriebenen Kreises bedeutet.

I.	A.	B.	II.	A.	B
Homo	56,3.	48,3.	Monodon Narhwal . . .	78.	38,9.
Simia Capucina	45.	41.	Loxia curvirostra	17.	17.
Canis Vulpes	48.	43.	Corvus Corone	32.	39,7.
Ursus Arctos	38.	44.	— glandarius	34.	35.
Meles Taxus	17.	18,5.	Picus viridis	29,5.	28.
Mustela Foina	24.	32.	Psittacus leucocephalus .	36,2.	35,2.
Lutra vulgaris	26.	26.	Meleagris Gallopavo . .	41.	51,5.
Sciurus vulgaris	28.	20,1.	Ardea stellaris	31.	41,9.
Cavia Cobaya	28,5.	18,8.	— Ciconia	63.	57,9.
Bos Taurus	104.	90.	Anas Cygnus	37.	41.
Trichecus Rosmarus . .	73.	55.	Testudo imbricata . . .	38.	22.
Balaena Mysticetus . . .	93.	102.	Trigla Hirundo	74.	44,8.

Bei dem Bär, Dachs, Hausmarder, Wallfisch, der Rabenkrähe, dem Nufsheher, Kreutzschnabel, Puter, der Rohrdommel und dem Schwan ist folglich A kleiner als B, während bei einigen Thieren A = B, bei dem Menschen und den übrigen Thieren A gröfser als B ist, unter welchen letztern sich das Narhwal, Testudo imbricata und Trigla Hirundo durch die Gröfse des Halbmessers A in Vergleichung mit B auszeichnen.

Um diese Verschiedenheit zu erklären, ist es nöthig, die Curve zu bestimmen, nach welcher die von der Netzhaut bedeckte Höhlung des innern Auges gekrümmt ist. Ich habe mir hierüber am Wallfischauge, bei dem diese Höhlung von einer knorpelartigen Kapsel unmittelbar eingeschlossen ist, und woran sich daher jene Curve nach dem Tode nicht verändern kann, durch möglich genaue Messung einer Anzahl Abscissen und Ordinaten auf der horizontalen Durchschnittsfläche des Auges vermittelt eines verjüngten Maafsstabes, wovon 13 Theile = 1 Pariser Duodezimalzoll sind, Aufklärung zu verschaffen gesucht. Die Abscissen wurden auf der Augenaxe genommen und vom hintern Ende derselben an gerechnet. Die gefundenen Zahlen sind folgende:

Abscissen.	Ordinaten.
16	 56,5.
26	 77,5.
37	 88,5.
44	 90.
71	 110.
88	 116,5.
95	 118.
115	 106,5.

Von den beiden letzten der Ordinaten ist 118 der halbe Durchmesser des innern Auges und 106,5 der Radius des Kreises, den der hintere Rand des Ciliarkörpers bildet. Unter den krummen Linien der zweiten Ordnung giebt es keine als die Ellipse, mit welcher die obige Curve verglichen werden könnte. Das Verhältniß der Abscissen und Ordinaten ist aber bei der Ellipse von ganz anderer Art als bei dieser. Sie muß also zu einer höhern Ordnung gehören. Unter den Linien dieser Art sind die verkürzte Cykloide und die Epicykloide die, mit welchen sie bei den Säugthieren die meiste Aehnlichkeit hat. Mit der Voraussetzung, daß sie eine verkürzte Cykloide sey, stimmt aber nicht das Verhältniß ihrer Axe zum Halbmesser ihrer hintern Krümmung überein. Nimmt man hingegen an, sie sey eine Epicykloide, hervorgebracht durch Umwälzung eines Kreises, dessen Durchmesser die Axe des Glaskörpers ist, um die hintere Krümmung der Linse, so findet sich bei den meisten Säugthieren jenes Verhältniß mit dieser Annahme so weit übereinstimmend, als bei der großen Schwierigkeit, die Dimensionen des Auges, besonders den Radius der hintern Krümmung des Glaskörpers, genau zu bestimmen, zu erwarten ist. Es sey der Radius der hintern Krümmung der Linse $= g$, die Axe des Glaskörpers, oder der Abstand der Linse von der inwendigen Fläche der Netzhaut in der Augenaxe $= v$, der Halbmesser der hintern Krümmung des Glaskörpers, oder dieser Fläche $= r$,

so ist bei der letztern Voraussetzung $r = \frac{2g + v}{g + v} v$. Ich habe vermittelst dieser Formel den Werth

des Radius r für den Menschen und mehrere Thiere nach Sömmering's und meinen Tafeln der Dimensionen des Auges des Menschen und der Thiere berechnet und sie in der folgenden Tafel mit denen zusammengestellt, die sich für eben diesen, mit R bezeichneten Halbmesser aus mehrern gemessenen Sehnen der erwähnten Krümmung und den Sinus versus derselben ergaben.

I.	r.	R.	II.	r.	R.
Mulier, 60 annorum . .	53.	51.	Corvus Corone	45.	32.
Vir, 30 annorum	85.	73.	Picus viridis	26.	24.
Simia Capucina	57.	45.	Psittacus leucocephalus .	30.	32.
Canis Lupus	61.	55.	Meleagris Gallopavo . .	52.	41.
Ursus Arctos	35.	38.	Ardea Ciconia	44.	63.
Felis Lynx	60.	70.	Anas Cygnus	47.	37.
Equus Caballus	109.	120.	Testudo imbricata . . .	48.	38.
Bos Taurus	85.	104.	— tessellata	16.	19.
Balaena Mysticetus . . .	91.	93.	Esox Lucius	29.	42.
Monodon Narhwal . . .	37.	78.	Trigla Hirundo	16.	74.

Bei den meisten Säugthieren, den Menschen mit inbegriffen, mehrern Vögeln und den angeführten Amphibien, übersteigt hier der Unterschied zwischen r und R nicht die Gränzen der, bei Ausmessung des Auges zu erreichenden Genauigkeit. Nur beim Narhwal geht sie über diese hinaus. Bei den Fischen ist sie viel zu groß, als daß sie bloß hiervon herrühren kann. Bei den letztern und beim Narhwal hat sie jedoch eine ähnliche Gestalt wie beim Wallfisch. Wenn sie also bei diesem eine Epicykloide ist, so wird man sie auch bei den Fischen und beim Narhwal dafür annehmen dürfen; nur wird sie bei diesen erzeugt seyn müssen nicht durch Umwälzung eines Kreises, der die Axe des Glaskörpers zum Durchmesser hat, auf der hintern Krümmung der Linse, sondern durch die Bewegung eines Cirkels, dessen Durchmesser größer als die Axe des Glaskörpers ist, auf einer Curve, die eine geringere Krümmung als die hintere Fläche der Linse hat.

Von dieser Curve, auf welcher sich der erzeugende Kreis der Epicykloide umwälzt, läßt sich nicht voraussetzen, daß sie immer cirkelförmig sey. Ihre Gestalt muß von der Form der Linien abhängen, nach welchen die beiden Flächen der Hornhaut und der Linse gekrümmt sind. In der Verschiedenheit dieser Gestalt ist der Grund der obigen Thatsache zu suchen, daß die, von der Netzhaut bedeckte inwendige Fläche des Auges bei einigen Thieren den, mit dem Halbmesser der hintern Krümmung des Glaskörpers beschriebenen Kreis einschließt, bei andern von demselben eingeschlossen wird.

Mit dem Sehen ausserhalb der Augenaxe steht ohne Zweifel auch die mehr oder weniger excentrische Insertion des Sehnerven in Beziehung. Es läßt sich die Excentricität aus dem kleinsten und größten Abstand des Mittelpunkts dieser Insertion von dem hintern Rand des Ciliarkörpers ohne große Schwierigkeit bestimmen. In der folgenden Reihe ist sie durch den Exponenten des Verhältnisses des erstern Abstandes gegen den letztern ausgedrückt, und die Thiere jeder Classe sind darin nach der Größe dieses Exponenten geordnet.

I.		II.	
Ursus Arctos	1,02.	Falco lagopus	1,04.
Lutra vulgaris	1,02.	Picus viridis	1,45.
Mus amphibius	1,04.	Meleagris Gallopavo	1,48.
Monodon Narhwal	1,05.	Anas Cygnus	1,51.
Cricetus vulgaris	1,09.	Psittacus leucocephalus	1,58.
Homo	1,09.	Loxia curvirostra	1,58.
Mustela Foina	1,10.	Falco Buteo	1,63.
Sciurus vulgaris	1,12.	Ardea Ciconia	1,71.
Balaena Mysticetus	1,12.	Corvus Corone	1,91.
Trichecus Rosmarus	1,13.	— glandarius	1,93.
Meles Taxus	1,18.	Ardea stellaris	2,03.
Simia Capucina	1,18.	— Nycticorax	2,28.
Canis Vulpes	1,32.	Testudo imbricata	1,83.
Cavia Cobaya	1,40.	Trigla Hirundo	1,10.
Bos Taurus	1,76.	Gadus Aeglefinus	1,13.
		Cyclopterus Lumpus	1,60.

Man sieht, wie selbst bei den, am nächsten verwandten Thieren und bei sonstiger Aehnlichkeit des Augenbaus so große Verschiedenheiten in der Insertion des Sehnerven statt finden, daß sich schwerlich ein Gesetz dafür aufstellen läßt. Soviel läßt sich aber für gewiß annehmen, daß bei keinem Thier die Eintrittsstelle des Sehnerven in der Augenaxe liegt. Beim Bär und Dachs, wo mir dies früher der Fall zu seyn schien *), geschieht doch, wie ich nach genauer Messung des Auges dieser Thiere gefunden habe, die Insertion nur nahe bei der Augenaxe.

Wäre das Auge ganz symmetrisch gebaut, so würde sich aus dem größten und kleinsten Abstand des Mittelpunkts der Insertion des Sehnerven vom hintern Rand des Ciliarkörpers und aus dem Durchmesser des Kreises, den dieser Rand bildet, der Abstand jenes Mittelpunkts vom hintern Ende der innern Augenaxe berechnen lassen. Da aber bei allen Thieren und selbst beim Menschen die Hornhaut und die Linse eine mehr oder weniger schiefe Lage gegen die Augenaxe haben, so ist dieser Abstand auf solche Weise nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Unmittelbare Messungen desselben führen ebenfalls, wegen der Schwierigkeit, die Lage der Augenaxe genau anzugeben, zu keinen, ganz sichern Resultaten. Indefs findet man in der ersten und zweiten Tafel des zweiten Abschnitts (S. 22 u. 24) die Zahlen, die sich aus solchen Messungen desselben bei dem Menschen und einigen

*) Biologic. B. 6. S. 562.

Thieren ergeben haben. Nach der ersten Tafel ist derselbe im menschlichen Auge verschieden von 1,25 bis 1,4 Pariser Linien, während der Durchmesser der Siebplatte des Sehnerven ebenfalls von 0,63 bis 0,89 Linien variirt. So folgt auch aus den bisherigen Versuchen über die Entfernung, in welcher von zwei dunkeln Kreisen der äussere verschwindet, wenn man auf den innern die Axe des einen Auges richtet, während das andere geschlossen ist, bei verschiedenen Menschen eine verschiedene Grösse des äussern Sehwinkels, unter welchem die Axenstrahlen der Mittelpunkte beider Kreise beim Verschwinden des einen auf die Mitte der Hornhaut fallen. Das Verhältniss der Entfernung des Auges von dem innern Kreise zu dem Abstände beider Kreise von einander ist nach Mariotte*) = 5 : 1, nach Le Cat**) = 4 : 1, nach Bernoulli***) = 3,5 : 1, nach Young****) = 4,46 : 1, also jener Winkel für das erste Verhältniss = $11^{\circ} 18'$, für das zweite = $14^{\circ} 1'$, für das dritte = $15^{\circ} 56'$, für das vierte = $12^{\circ} 37'$. Diese Unterschiede hängen aber freilich nicht blos von der Verschiedenheit des Winkels ab, den die Augenaxe mit der Axe des Sehnerven macht, sondern auch von der verschiedenen Brechung der Strahlen in den Augen derer, welche die Versuche anstellten. Es lässt sich daher aus ihnen die Grösse des letztern Winkels nicht ableiten.

Wenn man diesen Neigungswinkel der Axe des Sehnerven gegen die Augenaxe aus den Mittelzahlen berechnet, die in der ersten Tafel des zweiten Abschnitts, S. 22 u. 23, für den Radius der hintern Krümmung des Glaskörpers (= 56,25) und den Abstand des Mittelpunkts des Sehnerven vom hintern Ende der innern Augenaxe (= 13,17) des menschlichen Auges als die Resultate unmittelbarer Messungen angegeben sind, so findet sich derselbe = $13^{\circ} 32'$. Die Mittelzahl der obigen Werthe für den äussern Augenwinkel, unter welchem das Bild eines Objekts auf den Mittelpunkt der Insertion des Sehnerven fällt, ist = $13^{\circ} 43'$. Diese Zahl weicht von jener so wenig ab, dass man schliessen darf, bei einem äussern Sehwinkel von beinahe 13° sey der innere Sehwinkel dem äussern gleich. Da nun nach den Resultaten der Rechnungen, die wir im dritten Abschnitt anstellten, bei einem äussern Sehwinkel, der unter einer Minute ist, der innere Sehwinkel weit kleiner als der äussere ausfällt, so folgt hieraus das Gesetz: dass dem äussern Sehwinkel (= μ) zwischen 0° und 13° ein desto kleinerer, innerer Sehwinkel (= S) entspricht, je mehr μ sich der Gränze 0 nähert, dass aber beide Winkel der Gleichheit ($\mu = S$) desto näher kommen, je mehr μ bis zu 13° kömmt. Wird μ gröfser als 13° , so tritt wahrscheinlich das entgegengesetzte Verhältniss des vorigen ein, und es wird S gröfser als μ . Doch wird diese Zunahme sehr langsam vor sich gehen müssen.

In dem Fall, wo $S = \mu$ ist, wird der Gegenstand beinahe in einer Linie gesehen, die von demselben auf die inwendige Fläche der Netzhaut senkrecht gezogen ist. Die eigentliche Richtung weicht von dieser nur in so weit etwas ab, als die Krümmung der Netzhaut von der kreisförmigen verschieden ist. Für diesen Fall gilt das, S. 10 erwähnte Resultat, welches Rochon aus seinen Versuchen folgerte, dass der Gesichtsstrahl mit jener senkrechten Linie einerlei sey. Es ist aber dasselbe um so weniger gültig, je kleiner μ unter 13° ist.

*) Journal des Savans. A. 1688.

**) Traité des Sens. p. 167.

***) Commentar. Acad. Petropol. T. I. p. 315.

****) Philos. Transact. Y. 1801.

VIII.

Von den Mitteln, wodurch den Nachtheilen der zu starken und zu schwachen Beleuchtung der Gegenstände abgeholfen ist.

Wir sehen keinen Gegenstand isolirt, sondern immer in Verbindung mit andern Objekten, und wir können ihn von diesen nur entweder an seiner Farbe, oder daran, daß er dem Auge mehr oder weniger Licht als diese zusendet, unterscheiden. Die Unterscheidung wird sowohl durch zu starke, als durch zu schwache Beleuchtung des Gegenstandes erschwert. Das Uebermaafs von Licht wird ein Hinderniß beim Sehen, indem es die Erregbarkeit der Netzhaut zu sehr herabstimmt und indem in demselben Maafs, wie die Stärke des dem Auge zuströmenden Lichts wächst, auch die, von der Diffusion und Diffraction des letztern herrührenden Störungen der Bestimmtheit der Bilder auf der Netzhaut zunehmen. Der nachtheilige Einfluß des zu heftigen Lichts wird zwar durch die Verengung der Pupille gemindert. Auch wird dadurch der Gesichtskreis etwas eingeschränkt. Es kann aber nicht dadurch der Gegenstand des Sehens isolirt werden; die Folgen von der Diffusion des Lichts im Auge werden durch sie nur beschränkt, nicht gehoben, und die Diffraction des Lichts am Rande der Pupille dauert fort, diese mag verengert oder erweitert seyn. Bei schwächerem Lichte wächst zwar die Reizbarkeit der Netzhaut, und durch die erweiterte Pupille wird um so mehr Licht zum Innern des Auges zugelassen, je weniger erleuchtet die Gegenstände sind. Aber beide Mittel können dem Mangel des Lichts nur bis zu einer gewissen Gränze abhelfen. Es fragt sich also: Ob es Einrichtungen im Auge giebt, wodurch, zum Behuf des schärfern Sehens, das Licht von Gegenständen, auf welche das Auge nicht gerichtet ist, ausgeschlossen wird? Wie den Störungen des Sehens vorgebeugt ist, die von der Diffusion und Diffraction des Lichts entstehen? Ob und welche Organe vorhanden sind, die bei zu geringer Erleuchtung des Objekts die relative oder absolute Stärke der Einwirkung des Lichts auf die Netzhaut vermehren können?

Die erste dieser Fragen glaube ich dahin beantworten zu müssen, daß allerdings ein Organ vorhanden ist, welches das Thier, das in dessen Besitz ist, in den Stand setzt, das Bild des Objekts, welches sich in der Seheaxe befindet, getrennt von Bildern benachbarter Gegenstände, also schärfer als sonst geschehen könnte, aufzufassen, daß aber dieser Theil, ganz ausgebildet, nur den Vögeln eigen ist. Indefs, da mehrere Gründe beweisen, daß dieses Organ, der schwartze Fächer, noch andere Verhältnisse als bloß zum Sehen haben muß, worüber die weitem Untersuchungen uns jetzt zu sehr von unserm Wege abführen würden, so wird es passender seyn, für den folgenden Abschnitt, wo von demselben besonders die Rede seyn wird, auch die Erklärung der Beziehungen desselben auf das Sehen zu versparen.

Als Mittel zur Vorbeugung der Störungen des Sehens, die von der Zerstreuung des Lichts im Innern des Auges entstehen würden, hat man schon längst und mit Recht die, mit schwarzem Pigment bedeckte, inwendige Fläche der Iris und des Ciliarkörpers angesehen. Ich finde, daß die inwendige Fläche des Ciliarkörpers gegen die der Netzhaut um so größer ist, je mehr das Auge dem Lichte ausgesetzt ist und je weniger dasselbe dagegen Schutz hat. Um den Beweis in voller Strenge zu führen, würde es nöthig seyn, den Inhalt beider Flächen für eine hinreichende Zahl von Thieren zu bestimmen. Da hierzu aber die Zahl unserer Beobachtungen nicht groß genug ist, so müssen wir uns auf eine Vergleichung der mittlern Breite des Ciliarkörpers mit der Länge und Breite der innern Augenaxe beschränken, die zwar keine sehr genaue Resultate geben kann, wobei jedoch die äussersten

Glieder der Reihe die nehmlichen bleiben, die sich bei einer schärfern Berechnung ergeben würden. In der folgenden Reihe bedeutet A den Exponenten des Verhältnisses der innern Axe des Auges zur mittlern Breite des Ciliarkörpers und B den Exponenten des Verhältnisses des innern Durchmessers des Auges zu eben dieser Breite.

I.	A.	B.	II.	A.	B.
Homo	0,24.	0,23.	Strix brachyotos	0,32.	0,27.
Simia Capucina	0,28.	0,28.	Oriolus Galbula	0,40.	0,27.
Canis Vulpes	0,25.	0,22.	Loxia curvirostra	0,27.	0,23.
Ursus Arctos	0,21.	0,32.	Corvus Corone	0,35.	0,28.
Meles Taxus	0,29.	0,32.	— glandarius	0,35.	0,29.
Mustela Foina	0,21.	0,18.	Picus viridis	0,37.	0,27.
Lutra vulgaris	0,20.	0,23.	Psittacus leucocephalus	0,32.	0,26.
Mus amphibius	0,06.	0,06.	— rufirostris	0,41.	0,34.
Cricetus vulgaris	0,10.	0,10.	Meleagris Gallopavo	0,45.	0,33.
Sciurus vulgaris	0,18.	0,32.	Ardea Nycticorax	0,28.	0,22.
Cavia Cobaya	0,24.	0,22.	— stellaris	0,40.	0,30.
Bos Taurus	0,37.	0,28.	— Ciconia	0,36.	0,37.
Trichecus Rosmarus	0,40.	0,21.	Larus (cyanorchynchos)	0,42.	0,32.
Balaena Mysticetus	0,32.	0,21.	— tridactylus	0,33.	0,28.
Monodon Narhwal	0,26.	0,17.	Anas Cygnus	0,40.	0,33.
Falco Buteo	0,42.	0,39.	— Anser	0,27.	0,21.
— lagopus	0,39.	0,39.	Testudo imbricata	0,43.	0,31.
— Nisus	0,32.	0,29.	— tessellata	0,32.	0,26.

Die Vögel, besonders die, bei ihrer Lebensweise dem vollen Sonnenlichte ausgesetzten Arten haben also den breitesten Ciliarkörper in Verhältniß zur Axe und zum Durchmesser des innern Auges. Weniger breit ist derselbe bei den kleinern Säugthieren, die sich an dunkeln Orten aufhalten, oder des Nachts ihrer Nahrung nachgehen. Sehr schmal ist er deswegen bei der Wasserratze und beim Hamster. Bei den Fischen, die insgesamt in einem wenig erhellten Medium leben, ist dieser Ring entweder gar nicht, oder nur noch als Rudiment vorhanden. Ausser der Lebensweise und dem Element der Thiere haben aber auch die Lage der Augen, die Beschaffenheit der Augenlider und die Gröfse der Pupille auf das Verhältniß der Fläche des Ciliarkörpers zu der der Netzhaut Einfluß. Von dem Mangel an Augenlidern rührt es wohl her, daß dieses bei den Cetaceen, besonders beim Walrofs, größer ist, als es sonst seyn würde. Vielleicht giebt es selbst Unterschiede in diesem Verhältniß nach der verschiedenen Entfernung des Wohnorts der Thiere vom Aequator.

Die Beziehung des Ciliarkörpers auf die Absorbition des Lichts zeigt sich ferner daran, daß er bei allen den Thieren, deren Seheaxe gegen den Durchmesser des Auges eine schiefe Lage hat, auf der Seite, nach welcher die Seheaxe gerichtet ist und worauf die Strahlen am stärksten wirken, breiter als auf der entgegengesetzten ist. Diese schiefe Lage der Augenaxe findet in einigem Grade bei allen Thieren und selbst beim Menschen statt. Am auffallendsten ist sie bei den Cetaceen, Falken und Eulen. Die Hornhaut ist hier dem Augapfel so excentrisch angefügt, daß bei einigen Arten ihr Rand vom größten Queerumfang desselben auf der einen Seite doppelt so weit als auf der andern absteht. Zugleich hat hier der Durchmesser der Linse eine schiefe Lage gegen den Durchmesser jenes Umfangs. Beim Falco lagopus ist der Ciliarkörper auf der äussern Seite des Auges, nach welcher die Richtung der Seheaxe geht, 4,7 Pariser Linien breit, während die Breite dieses Theils auf der entgegengesetzten

Seite nur 3,6 Linien beträgt. Bei den Falken und Eulen wird die Diffusion des Lichts im Innern des Auges noch um so mehr durch den Ciliarkörper beschränkt, da hier die ganze inwendige, von ihm bedeckte Fläche des Auges, die sich vom Rande der Hornhaut bis zum Rande der Netzhaut erstreckt, die Gestalt eines abgestumpften Kegels hat, dessen Basis nach hinten gerichtet ist. Der Zerstreuung des Lichts nach den Seiten sind hier also engere Gränzen gesetzt als im Auge der übrigen Thiere, in welchen diese Fläche und mit ihr der Ciliarkörper eine sphärische Gestalt hat.

Bei allen Thieren, die einen Ciliarkörper haben, bildet die Haut desselben Falten, die von dem hintern Rande desselben nach dem Mittelpunkt der Pupille convergiren, nach vorne breiter und höher werden, bei den Säugthieren, Vögeln und Amphibien als dreiseitige blinde Fortsätze (Ciliarfortsätze) über dem vordern Rand jenes Theils nach innen hervorragen und, mit diesen Fortsätzen sich um die vordere Seite des Randes der Linse legend, die Ciliarkrone ausmachen*). Ein Gebilde, das eine so weite Verbreitung im Thierreiche hat, kann nicht ohne wichtige Beziehung seyn. Von welcher Art diese ist, darüber ist meines Wissens noch keine Muthmaassung geäußert. Bloss zum Auffangen der Strahlen, die auf den Rand der Linse fallen und zum Sehen unbrauchbar sind, kann dieser Theil nicht dienen. Hierzu würde ein einfacher Ring ohne abwechselnde Vorsprünge und Einschnitte hinreichend gewesen seyn. Mir scheinen die Phänomene, die zuerst Grimaldi als Folge der Diffraction des Lichts wahrnahm und welche in der neuesten Zeit von Young und Fresnel wieder beobachtet und weiter verfolgt wurden, mit dem Verhältniß der Ciliarkrone zum Sehen in Beziehung zu stehen. Nach den Erfahrungen dieser Physiker zeigen sich, wenn man einen Lichtcylinder durch eine enge Oeffnung auf eine weiße Fläche in einer dunkeln Kammer fallen läßt, sowohl innerhalb als ausserhalb der erleuchteten Fläche helle und dunkle Franzen, die von der Diffraction des Lichts beim Durchgange durch die Oeffnung herrühren. Diese Franzen verschwinden, sobald man die Hälfte des Lichtcylinders durch einen, zwischen der Oeffnung und der weißen Fläche angebrachten Schirm auffängt. Sie finden auch nicht statt, wenn man das Licht durch zwei enge, dicht neben einander angebrachte Spalten fallen läßt. Wie diese Erscheinungen zu erklären sind, können wir dahin gestellt seyn lassen. Genug, es läßt sich nicht zweifeln, daß der Rand der Pupille die nemliche Wirkung, wie der Rand der Oeffnung bei jenen Versuchen, auf das einfallende Licht haben muß, und daß dieser Einfluß dem deutlichen Sehen nachtheilig seyn würde, wenn ihm nicht durch ein gegenwirkendes Mittel abgeholfen wäre. Daß dieses Mittel für die Strahlen, die nicht in sehr schiefer Richtung auf den Rand der Linse fallen, die Zusammensetzung der letztern aus Schichten von verschiedener Dichtigkeit ist, wurde schon im ersten Abschnitt (S. 17) gezeigt. Nur für die Strahlen, die von den äußersten Gränzen des Gesichtsfelds zur Netzhaut dringen, bedurfte es einer andern Abhülfe des nachtheiligen Einflusses der Diffraction. Diese gewährt die Ciliarkrone. Die um den Rand der Linse hervorragenden Enden der Ciliarfortsätze wirken eben so auf das Licht, das in schiefer Richtung am Rande der Pupille eindringt, wie der Schirm, wodurch man einen Theil des Lichtcylinders, der durch eine enge Oeffnung in ein verfinstertes Gemach gelangt, auffängt. Ohne diese Fortsätze würde uns das Gesichtsfeld von hellen und dunkeln Streifen umgeben erscheinen.

Die letzte der Fragen, die wir zu beantworten uns vorsetzten, war: Ob es Mittel giebt und welche diese sind, vermittelt welcher den Thieren im Dunkeln der Mangel des äussern Lichts beim Sehen abgeholfen wird? Wenn man den metallischen Glanz der Tapete, die bei vielen Thieren einen grofsen Theil der Choroidea, oder selbst die ganze Fläche derselben einnimmt, ihre Aehnlichkeit mit

*) Man gebraucht oft Ciliarkrone als gleichbedeutend mit Ciliarkörper. Ich verstehe unter dem letztern den ganzen, inwendig mit schwarzem Pigment überzogenen Fortsatz der Choroidea, der sich vom Rande der Netzhaut bis zum Anfange der Iris erstreckt, unter Ciliarkrone aber nur die Figur, welche die Ciliarfortsätze bilden, indem sie den Rand der Linse umfassen.

einem Hohlspiegel und ihr Verhältniß zu dem, in das Innere des Auges dringenden Licht betrachtet, so liegt am nächsten der Gedanke, daß sie ein Mittel zu jenem Zweck ist, indem sie dieses Licht sammelt und die, in der Augenaxe liegenden Gegenstände durch dessen Zurückwerfung erhellet. Dagegen ist von Prevost *) der Einwurf gemacht worden, es gebe viele Thiere, denen die Tapete fehlt und die sich doch im Dunkeln als sehend benehmen. Dies hat freilich seine Richtigkeit. Die Tapete findet sich bei den Raubthieren, Wiederkäuern, Pachydermen, Cetaceen, Eulen, Crocodilen, Schlangen, Rochen und Hayen. Sie fehlt dem Menschen, den Affen, Nagethieren und Fledermäusen, dem Igel und Maulwurf, den Vögeln, mit Ausnahme der Eulen, und den Gräthenfischen. Aber grade die Nagethiere, die Fledermäuse, der Igel und Maulwurf sind Thiere, die ihrer Nahrung mehr des Nachts als des Tages nachgehen, und manche derselben benehmen sich selbst in der tiefsten Finsterniß, als ob sie durch den Sinn des Gesichts geleitet würden. Gegen diesen Einwurf gilt aber der Grund, daß es wahrscheinlich ein anderer Sinn als der des Gesichts ist, welcher mehreren dieser Thiere Empfindungen von äussern Gegenständen in der Finsterniß verschafft. Es sprechen dafür sowohl Spallanzani's Versuche mit Fledermäusen, die sich, nachdem sie des Gebrauchs der Augen beraubt waren, eben so wie vorher benahmen, als die Beispiele von Arten jener Familien, bei denen das Auge so wenig ausgebildet ist, oder so hinter der Oberhaut verborgen liegt, daß es dem Thier von geringem oder gar keinem Nutzen seyn kann. Die Gattungen, die im Dunkeln wirklich sehen, haben ohne Zweifel eine so reizbare Netzhaut, daß sie nur bei einer sehr geringen Beleuchtung deutlich sehen, während diese Haut bei denen Thieren, deren Augen sowohl für das Tageslicht, als für die nächtliche Dunkelheit organisirt sind, weit weniger Erregbarkeit besitzt. Daraus, daß jenen die Tapete abgeht, folgt also nicht, daß dieselbe für diese nicht ein Mittel zum Sehen bei schwächerem Lichte ist.

Die Tapete erstreckt sich entweder über die ganze Choroidea, oder nur über die obere Hälfte derselben. Das Erste ist bei den Cetaceen, den Eulen und bei den, mit diesem glänzenden Ueberzug versehenen Amphibien und Fischen, das Zweite bei den Raubthieren und Wiederkäuern der Fall. Bei den Wiederkäuern ist sie ausgedehnter als bei den Raubthieren. Immer aber breitet sie sich so weit aus, daß sie das hintere Ende der innern Augenaxe mit einschließt. Von jedem Punkt des äussern Raums, wovon Strahlen zu ihr gelangen können, werden diese auf ihr durch die durchsichtigen Theile des Auges vereinigt, und sie wirft die sämmtlichen vereinigten Strahlen wieder nach der Linse zurück. Die letztere verbindet dieselben zu einem einzigen Kegel, der die Augenaxe zur Axe hat und dessen Spitze nach aussen gerichtet ist. Die sehr convergenten Strahlen dieses Kegels werden mehr divergirend bei ihrem Uebergange aus der Linse in die wässrige Flüssigkeit und aus dieser in die Luft oder das Wasser. Die Spitze dieses Kegels fällt endlich in den Punkt des deutlichsten Sehens: denn in diesem haben alle Strahlen, die aus dem Innern des Auges zur hintern Fläche der Linse gelangen, ihren Brennpunkt. Der Kegel ist vollständig, wenn die Tapete sich über die ganze Choroidea erstreckt. Es fehlt die obere Hälfte desselben, wenn jene nur die obere Hemisphäre dieser Haut einnimmt. Die Tapete ist bei allen Thieren, deren Aufenthalt und Lebensweise von solcher Art sind, daß die untere Hälfte der Netzhaut von dem hellen Tageslicht unmittelbar getroffen wird, auf die obere Hälfte der Choroidea eingeschränkt, aus dem einfachen Grund, weil das Thier, wenn die Rückstrahlung des hellen Lichts von der untern Hälfte der letztern geschähe, geblendet werden müßte. Sie bedeckt den ganzen Hintergrund des innern Auges bei den Cetaceen und Eulen, mehreren Amphibien, den Rochen und Hayen, weil diese Thiere entweder beständig im Wasser, einem wenig erleuchteten Medium leben, oder an dunkeln Oertern ihren Aufenthalt haben, oder nur des Nachts ihrer Nahrung nachgehen.

*) Biblioth. Britannique. A. 1810. T. 45.

Dafs diese Rückstrahlung des Lichts von der Tapete die Ursache des Leuchtens der Augen ist, das man in der Dämmerung bei der Katze, dem Hunde, dem Schaaf und überhaupt bei allen, eine Tapete besitzenden Thieren unter gewissen Umständen wahrnimmt, läfst sich jetzt nach den, von Prevost *) und Esser **) darüber gemachten Erfahrungen nicht mehr bezweifeln. Ob aber nicht zuweilen auch ein phosphorisches Licht von der Retina oder Choroidea ausgeht, ist eine, noch nicht so ausgemachte Sache. Es giebt der Beispiele mehrere, wo man das menschliche Auge ebenfalls im Dunkeln leuchten sahe, dem doch die Tapete fehlt. Indefs findet dieses Leuchten freilich wohl nur in einzelnen Fällen und vielleicht nur als pathologische Erscheinung statt.

IX.

Beobachtungen über einige einzelne Theile des Auges der Wirbelthiere.

Die Netzhaut.

Die Bildung der Netzhaut gehört zu den Punkten in der Anatomie des Auges, die noch nicht ganz ins Klare gebracht sind. Man nimmt durchgängig und mit Recht an, dafs ihr markiger Theil inwendig mit einer serösen Haut überzogen ist. Der Ursprung und die Endigung dieser Haut werden aber sehr verschieden angegeben. Ich habe mich überzeugt, dafs dieselbe bei allen Wirbelthieren zugewogen ist, bei allen aus der Insertion des Sehnerven entspringt und bei allen sich an der hintern Fläche der Strahlenplatte (Zonula) endigt ***). Sie hängt oft eben so fest und zuweilen noch fester mit dem Glaskörper als mit der Retina zusammen und überzieht bei den Vögeln den schwarzen Fächer. Daher kömmt es, dafs manche Zergliederer sie als zum Glaskörper gehörig angesehen und unrichtige Beschreibungen von ihr gegeben haben. Bei der Gans sahe ich ihren vordern Rand sich dem auswändigen Rand der Zonula anschliessen und mit diesem einen engen Gang (Tab. I. F. 9. cc') bilden, der auf der hintern Seite von dem Glaskörper begränzt wurde. Die Höhlung dieses, dem Petitschen Canal der Säugthiere ähnlichen Gangs, den ich auch beim Haushahn fand, scheint nicht nur bei den Vögeln, sondern auch bei den Säugthieren ein lockeres Schleimgewebe zu enthalten. Wenigstens fand ich dieses darin beim Wallfisch. Einen Uebergang der gedachten Haut in die Strahlenplatte habe ich bei der Gans nicht entdecken können. Die Membran, woraus die Zonula besteht, ist ihr jedoch ähnlich; nur hat diese gerade, gleich weit von einander entfernte und nach dem Mittelpunkt der Linse convergirende, jene hingegen unregelmässige, von der Insertion des Sehnerven nach dem vordern Ende der Retina divergirende Falten. Diese haben an den, in Weingeist erhärteten Augen mancher Thiere das

*) A. a. O.

**) Kastner's Archiv für die Naturlehre. B. VIII. S. 394.

***) Beim Pferde ist diese Endigung auch von Sömmering (Commentat. de oculor. et c. sect. horiz. p. 35) angemerkt. Haller kannte sie aber schon bei dem Menschen und den Vögeln (Element Physiol. T. V. p. 386, 387). Unrichtig ist es also, wenn in einem neuern Lehrbuche der vergleichenden Anatomie (Blainville Principes d'Anat. comp. T. I. p. 363. 401.) von der Netzhaut im Allgemeinen gesagt wird: sie verdünne sich plötzlich an den Wurzeln der Ciliarfortsätze, gehe zur Krystalllinse und bilde um diese die Zonula.

Ansehn von Fasern. Ich selber habe sie früher dafür gehalten *). Sie sind dies aber nur bei den Fischen, nicht bei den Säugethieren und Vögeln.

Das Markblatt der Netzhaut zeigt bei den meisten Thieren keinen fibrösen Bau, doch wohl nur wegen der grossen Weichheit und Brüchigkeit desselben. Beim Narhwal fand ich diese Substanz deutlich fibrös, und eben so wurde sie von Valsalva **), Morgagni ***), Zinn ****) und Haller *****) beim Hasen und Schwein gefunden. Die Fasern schienen mir beim Narhwal ohne Kreuzung und ohne sonstige Aenderung ihres Verlaufs aus dem Sehnerven hervorzugehen.

Bei vielen Thieren wirft sich dieses Markblatt nach dem Tode in Falten, die weit gröfser und unregelmässiger als die des innern Blatts sind. Ein neuerer Schriftsteller, Desmoulins *****), hat auf diese Falten eine grosse Wichtigkeit gelegt und sie sehr umständlich von vielen Thieren beschrieben, indem er meint, sie wären schon im Leben vorhanden und dienten zur Vergröfserung der Fläche der Netzhaut. Er versichert, sie bei einigen Thieren schon gleich nach dem Tode angetroffen zu haben. Hierin kann man ihm auf sein Wort glauben. Ich fand ebenfalls in den frischen Augen einiger Vögel die Netzhaut gefalten. Aber es giebt entweder gar keine biologische Erfahrung, oder zu sagen, die Faltung sey schon im Leben vorhanden, heifst etwas behaupten, was mit der Erfahrung im grellsten Widerspruche steht. Kein Gesetz des Sehens würde noch Gültigkeit haben, wenn Herrn Desmoulins's grosse Entdeckung nicht ein Hirngespinnst wäre. Man darf aber auch eine gefaltene Netzhaut nur aufmerksam untersuchen, um sich zu überzeugen, dafs bei der Bildung der Falten das inwendige Blatt derselben sich von dem Markblatte absondert, dafs also eine Veränderung eintritt, die nur Folge des Aufhörens der Lebensthätigkeit seyn kann. Die Faltung erfolgt nach dem Tode, weil entweder der Glaskörper sich zusammenzieht, oder die Netzhaut einen Turgor verliert, den sie während des Lebens hat. Die erstere Ursache ist wohl die vorzüglichere. In Augen, die in Weingeist gelegen haben, ist die Faltung um so stärker, je mehr sich der Glaskörper zusammengezogen hat. Die Zusammenziehung tritt am stärksten bei den Vögeln ein, und bei diesen zeigt sich deswegen die Netzhaut am meisten gerunzelt. Ich glaube aber doch, dafs auch eine, während des Lebens vorhandene Anschwellung dieser Haut mit in Anschlag zu bringen ist. Jeder weiche, mit Blutgefäfsen versehene Theil des thierischen Körpers, und also auch die Retina, hat im ungeschwächten Zustande eine Spannung, die sich in Krankheiten mindert und im Tode ganz verliert. Die Abnahme dieses Turgors der Retina und eine anfangende Runzelung derselben in Ohnmachten, bei hysterischen Uebeln, in typhösen Fiebern u. s. w. ist vielleicht der Grund mancher Störungen des Gesichts, die zuweilen in diesen Krankheiten eintreten.

Man nimmt gewöhnlich eine Siebplatte der Choroidea an, durch deren Oeffnung die Fasern des Sehnerven gehen. Gegen diese Meinung hat sich Jacob †) erklärt, und ich glaube mit ihm, dafs jene Platte blos aus den verdickten Enden der Scheiden dieser Fasern besteht. Soviel ist auf jeden Fall gewifs, dafs es bei den Vögeln, Amphibien und Fischen nichts Aehnliches giebt.

Bei allen Thieren zieht sich der Sehnerv kurz vor seinem Eintritt in den Augapfel entweder von allen Seiten, oder von zwei Seiten zusammen, und tritt dann im erstern Fall als ein runder, im

*) Biologie. Bd. 6. S. 557.

**) Dissert. II. §. 6. Opp. p. 142.

***). Epistol. anatom. XVII. §. 40.

****) Commentar. Societ. Gotting. T. IV. p. 268. Descript. anat. oculi humani. C. 3. §. 3.

*****) A. a. O. p. 389.

*****) In Magendie's Journal de Physiol. T. III, p. 53, und in seiner Anatomie des Systèmes nerveux des Animaux à vertèbres. P. I, p. 314. P. II, p. 669.

†) Medico-chirurgical Transact. by the medical and chirurgical Society of London. Vol. XII.

letztern als ein länglicher Wulst auf der inwendigen Seite der Choroidea hervor. Jenes geschieht bei dem Menschen, den Säugthieren, Amphibien, Rochen und Hayen; dieses bei den Vögeln (Tab. I. F. 15 u. 16) und Gräthenfischen. Beim Lachs hat die Netzhaut einen doppelten Ursprung aus dem Sehnerven. Der Theil derselben, welcher die obere Seite des innern Auges bedeckt, entsteht aus dem Sehnerven gleich bei dessen Durchgang durch die Choroidea, der der entgegengesetzten Seite aus einem Fortsatz dieses Nerven, in welchem die Fasernstränge eine knieförmige Biegung machen, die das Ansehn einer Anschwellung hat.

Ein noch unausgemachter Punkt der vergleichenden Anatomie ist die Frage: Durch welche Nerven und auf welche Art die Netzhaut des Maulwurfsauges mit dem Gehirn zusammenhängt? Zinn machte zuerst die Beobachtung, dafs ein Ast des fünften Hirnnerven zu diesem Auge geht. Nach ihm entdeckte Carus, dafs der Maulwurf ausser diesem Zweig auch einen wirklichen Sehnerven besitzt, der jedoch nur die Dicke eines Menschenhaars hat und mit dem der andern Seite aus einem gemeinschaftlichen Punkt des Gehirns entsteht, ohne ein Chiasma mit demselben zu bilden. Ich fand ebenfalls diesen Nerven und theilte im 5ten Bande der Biologie (Tab. III. F. 1) eine Abbildung seines Ursprungs und Verlaufs mit. Gegen diese Zeugnisse hat sich Serres *) erhoben. Er versichert, bei dreifsig bis vierzig Maulwürfen den Sehnerven gesucht, aber nie gefunden zu haben. Demohngeachtet ist nichts so zuverlässig, als dafs derselbe vorhanden ist. Serres würde ihn eben so gut wie Carus und ich gesehen haben, wenn er sich die Mühe genommen hätte, von einem der dreifsig bis vierzig Thiere, woran er ihn vergeblich gesucht haben will, den Schädel mit aller Vorsicht von unten zu öffnen, nachdem der Kopf 36 bis 48 Stunden in Weingeist gelegen hätte. Es ist mir bei diesem Verfahren selten mislungen, beide Sehnerven in Verbindung mit dem Gehirne darzustellen. Nie ist es mir aber geglückt, die höchst zarten Nerven bis zum Auge zu verfolgen. So wahrscheinlich es ist, dafs sie zu demselben gelangen, so bleibt es doch zweifelhaft, ob bei der Gröfse und Menge der zum Auge gehenden Zweige des fünften Hirnnerven und bei der Kleinheit des eigentlichen Sehnerven, jene Zweige nicht mit der Netzhaut zusammenhängen und mitwirkend bei der Fortpflanzung der Gesichtseindrücke sind. Ich sahe deutlich jene Zweige die Sklerotika in der Nähe des Ursprungs der Netzhaut durchbohren. Von welchem Nerven aber diese Haut ihren Ursprung nimmt, habe ich nicht ausfindig machen können. Einen Ciliarknoten konnte ich nirgends bemerken. Der Ast des Trigemini, aus welchem jene Zweige entspringen, geht neben dem Oberkinnladenzweig fort und kömmt mit dem Augenast der übrigen Thiere überein. Um übrigens die Gegenwart der Sehnerven beim Maulwurf ausser Zweifel zu setzen und um eine genauere Vorstellung von der Grundfläche des Gehirns dieses Thiers zu geben, als die bisherigen sind, von denen mich keine, und auch die nicht, die ich im 5ten Bande der Biologie geliefert habe, ganz befriedigt, theile ich in F. 10 (Tab. I.) eine neue Abbildung desselben mit. Ich glaube hiermit jene Seite des Maulwurfsgehirns sehr genau und in dem Grade von Zusammenziehung, worin die Theile weder zu sehr eingeschrumpft, noch zu sehr erschlafft sind, dargestellt zu haben.

Die Verbreitung der Ciliarnerven auf der Iris.

Wie sich die Ciliarnerven bei ihrer Verzweigung auf der äussern Fläche des Ciliarkörpers und der Iris verhalten? Ob sie hier Anastomosen bilden? Und ob sie Knoten haben? Diese Fragen finde ich in den bisherigen Schriften über die Anatomie des Auges noch nicht genügend beantwortet. Ich habe in Hinsicht auf sie das Auge des Narhwal und des rauhbeinigen Falken untersucht und lasse hier die Resultate meiner Beobachtungen über diesen Gegenstand folgen.

*) Anat. compar. du Cerveau. T. I. p. 390.

Beim Narhwal liegen die Ciliararterien und Ciliarnerven auf der Iris ganz unbedeckt, und es läßt sich hier der Verlauf derselben unter einer mäfsig vergrößernden Linse ohne alle Zubereitung sehr deutlich wahrnehmen. In F. 11 (Tab. I.) habe ich die auswendige Seite der Iris mit dem vordern Theil der Choroidea, ohngefähr dreimal im Durchmesser vergrößert, vorgestellt. Q Q ist der abgeschnittene, mit der Iris zusammenhängende und mit den Wirbelgefäßen bedeckte Theil der Aderhaut. Auf diesen folgt ein schwärzlicher Ring z z, darauf ein weißlicher Ring T T, welcher letztere mir ein Gewebe von Haargefäßen zu seyn schien, und dann die Iris, deren innerer, die Pupille o bildender Rand sich mit einem Rechteck vergleichen läßt, dessen Ecken abgerundet sind und von dessen beiden längern Seiten die eine so gekrümmt ist, daß sie nach der Mitte der Pupille einen Vorsprung macht, welcher einige Aehnlichkeit mit dem Velum pupillare der Rochen hat. Auf den beiden Ringen liegen die Stämme der langen Ciliararterien und der Ciliarnerven. Jener giebt es zwei (p. p.), die vom äußern und innern Winkel des Auges bis zur Mitte des, zwischen dem Ringe T T und der Pupille liegenden Raums gehen und sich hier in zwei Aeste theilen. Die letztern laufen von jeder Seite geschlängelt um den obern und untern Rand der Pupille und verbinden sich in der Mitte dieses Randes mit den, ihnen entgegenkommenden Aesten der andern Seite. Auf solche Weise ist ein Arterienkranz um den Rand der Pupille gebildet, aus welchem weiter, in ohngefähr gleichen Zwischenräumen, geschlängelte Zweige entspringen, die sich divergirend und unzerstäelt über die Iris rückwärts, nach der Choroidea hin, ausbreiten und sich wahrscheinlich auf ähnliche Art, wie nach Zinn *) beim Schaaf, mit einem andern hintern Gefäßkranz verbinden. Der Stämme der Ciliarnerven giebt es, wie überhaupt bei den Säugethieren, mehrere. In der Figur sind, um diese nicht mit Buchstaben zu überhäufen, nur einige derselben mit n bezeichnet. Man sieht, daß sie sich unregelmäfsig theilen, daß aber ihre letzten Zweige in den Zwischenräumen der Ciliararterien eben so geschlängelt und so strahlenförmig nach der Pupille hin convergiren, wie diese nach der Choroidea divergiren. Ihre ersten Zweige verbinden sich hin und wieder mit einander und machen an einigen der Verbindungsstellen knotenartige Anschwellungen. Die Verbindungen sind aber nicht an allen Zweigen und die Knoten nicht an allen Verbindungen zugegen, und die letzten Zweige verlaufen insgesamt, ohne sich zu vereinigen und ohne anzuschwellen. Diese endigen sich auf der äussern Seite des Arterienkranzes, ohne mit den Arterien Zusammenhang zu haben. Die Zwischenräume zwischen den Arterien und Venen schienen mir mit einem Gewebe von Haargefäßen ausgefüllt. Zwischen diesem Gewebe und einer dünnen, mit schwarzem Pigment bedeckten Haut, welche die hintere Fläche der Iris überzieht, (der Uvea) fand ich eine Substanz, die aus gedrängt an einander liegenden, sich durchkreuzenden Fasern bestand.

Beim Falco lagopus erscheinen die Ciliarnerven (Tab. I. F. 12. 13. c.), nachdem sie die Sklerotika durchbohrt haben, als aus vier oder fünf Zweigen bestehend, welche divergirend auf der einen Seite des Augapfels fortgehen, sich zum Theil schon auf der vordern Hälfte der Choroidea gabelförmig spalten, weiterhin auf und vor dem hintern zweier Kränze von Fasern, welche die beiden Wände des Fontana-schen Canals mit einander verbinden (F. 12. v. z), sich noch weiter dichotomisch theilen, auch hier schon mitunter anastomosiren, sich bei diesen Zerästelungen immer weiter von einander entfernen, indem sie sich nach der, ihrem Ursprunge entgegengesetzten Seite des Augapfels hinbiegen, und zuletzt unter dem vordern der beiden gedachten Fasernkränze (F. 12. v.) um den hintern Rand der Iris ein Geflechte von querlaufenden, mit einander anastomosirenden Nervenzweigen bilden. Knoten giebt es darin nicht. Die letzten, daraus entspringenden Fasern dringen in die Substanz der Iris.

Wenn es erlaubt ist, aus diesen Beispielen auf die übrigen Säugethiere und Vögel zu schließen, so folgt, daß in den beiden obern Thierklassen die Zweige der Ciliarnerven vor ihrem Uebergange zur

*) Commentar. Societ. Goetting. T. IV. p. 262. Tab. VIII. f. 1.

Iris mit einander anastomosiren, daß sie aber bei den Säugthieren nur an einzelnen Stellen, bei den Vögeln nirgends, Ganglien bilden.

Der schwartze Fächer des Auges der Vögel. Der sichelförmige Fortsatz der Choroidea und der glockenförmige Theil des Auges der Fische.

Man hat über die Beziehung des schwarzen Fächers auf das Gesicht der Vögel Meinungen vorgetragen, ehe der Bau desselben und sein Verhältniß zum übrigen Auge hinreichend erforscht waren. Ich gestehe, daß er mir selber von manchen Seiten anders als früher erschienen ist, seit ich ihn bei einer größern Zahl von Vögeln genau untersucht habe. Ich äusserte früher den Gedanken, daß er unter gewissen Umständen sich entfalten könne *). Diese Vermuthung muß ich zurücknehmen, seit ich den Verlauf seiner Blutgefäße näher kenne. Bei der Rohrdommel laufen die Arterien und Venen in ihm paarweise, parallel mit den Falten und in ziemlich gleichen Zwischenräumen, von dem obern Rand zum untern und von diesem zu jenem (Tab. II. F. 17). Ihre Zweige haben keinen so geschlängelten Lauf wie die Gefäße der Iris. Ein solcher müßte ihnen aber eigen seyn, wenn der Fächer einer Entfaltung fähig wäre. Diese könnte auch bloß durch eine Zusammenziehung des Fächers von oben nach unten geschehen, wozu doch sein Bau gar nicht geeignet ist, und selbst hierbei würde die Entfaltung nur sehr unvollständig vor sich gehen können, da die Falten sowohl oben als unten so an einander befestigt sind, daß sie nicht von einander weichen können. Hiermit fällt auch ein zweiter Gedanke weg, den ich früher hatte, daß der Vogel bei blendendem Lichte durch den Fächer wie durch einen schwarzen Schleier sehen könne: denn ohne Ausbreitung der Falten gestattet dieser Theil höchstens nur Unterscheidung von Licht und Finsterniß.

In der Erwartung, zwischen den Dimensionen des Fächers und des innern Auges ein festes Verhältniß für die Familien und Geschlechter der Vögel zu entdecken, habe ich die Länge der Basis des Fächers mit dem Durchmesser des innern Auges und die Höhe des erstern mit der Axe des letztern, so wie mit dem Abstände der Krystalllinse von der Netzhaut und der Breite des Ciliarkörpers bei mehrern Vögeln der verschiedenen Ordnungen verglichen. Das Resultat ist indeß nur dieses gewesen, daß im Allgemeinen die Höhe des Fächers in Vergleichung mit der Länge der innern Augenaxe kleiner bei den meisten kleinern Vögeln als bei den größern ist, daß jene Höhe in der Regel etwas weniger als die mittlere Breite des Ciliarkörpers beträgt, daß aber übrigen in den Verhältnissen der Höhe und Länge des Fächers gegen die Dimensionen des innern Auges sehr große Verschiedenheiten selbst unter den Arten eines und desselben Geschlechts statt finden.

Ausser der Größe des Fächers ist auch der Winkel, den er mit der Augenaxe macht, bei den verschiedenen Geschlechtern und Arten der Vögel sehr verschieden. Dieser richtet sich nach der mehr oder weniger excentrischen Insertion des Sehnerven. Je weiter die letztere von dem hintern Ende der Axe des innern Auges entfernt ist, desto mehr nähert sich bei ähnlicher Gestalt des innern Auges das obere Ende des Fächers dem Rande der Linse. In unmittelbarer Berührung ist jenes mit diesem bei *Rallus Crex*, *Picus viridis*, *Psittacus rufirostris*, *Corvus Cornix*, *Sterna fessipes*, *Larus cyanorhynchos*, *Mergus Albellus*, *Anas Anser*, *Ardea Ciconia*, *Ardea Nycticorax*, *Falco Nisus* und *Strix brachyotos*; am weitesten davon entfernt bei *Falco Buteo*.

Wie groß oder klein aber auch sowohl der Fächer selber, als dessen Neigungswinkel gegen die Augenaxe seyn mag, so hat er doch immer eine solche Lage, daß alle Strahlen, die in der Augenaxe und in deren Nähe auf die Hornhaut fallen, ihm vorbeigehen, daß hingegen von den Strahlen, die in schiefer Richtung zur Hornhaut gelangen, ein großer Theil durch ihn aufgefangen wird.

*) Biologie. B. 6. S. 490.

Es sey z. B. *AB* (Tab. IV. F. 57) ein Vogelaugen, *DRo* die Hornhaut, *or* die Linse, *th* die Pupille, *PH* der schwarze Fächer, *RC* die Augenaxe und *p* ein strahlender Punkt in der Verlängerung dieser Axe. *PH* ist nun immer so gegen *RC* geneigt, daß der Strahl *pC* ungehindert zur Netzhaut gelangt. *pq* und *pa* gehen ebenfalls in den Richtungen *qC* und *aC* dem Fächer vorbei, wenn sie nahe bei der Axe *pC* die Hornhaut treffen. Hingegen von jedem Punkt *v*, der ausserhalb der Augenaxe in einer grössern Entfernung von dieser liegt, kann nur ein Theil des Strahlenkegels *xvz*, der von ihm durch die Pupille geht, zur Netzhaut kommen, während der übrige Theil von dem Fächer *PH* absorbirt wird. Es gelangt z. B. der Strahl *vz* in der Richtung *zn* zur Netzhaut, *vxm* aber wird von *PH* aufgefangen. Das Vermögen des Sehens ausserhalb der Augenaxe, das, wie wir oben (S. 64) fanden, ohnehin schon wegen des übrigen Augenbaus bei den Vögeln nur schwach seyn kann, muß ihnen durch diese Ursache noch mehr beschränkt werden. Eben deswegen aber muß ihr Sehen in der Augenaxe um so schärfer seyn. Uns erscheint aus der nehmlichen Ursache ein Gegenstand deutlicher durch eine, inwendig geschwärtzte Röhre, als mit den bloßen Augen betrachtet. Durch die Verengerung des Gesichtskreises wird die Aufmerksamkeit auf das, in der Seheaxe befindliche Objekt erhöht, und durch die Schwärze des Tubus das Licht, das dem deutlichen Wahrnehmen des Objekts nachtheilig ist, mehr, als durch den bloßen Ciliarkörper geschehen kann, absorbirt.

Allein, ohngeachtet der Fächer gewiss in dieser Beziehung zum Sehen der Vögel steht, so fragt es sich doch, ob er nicht noch ein sonstiges Verhältniß zum Leben dieser Thiere hat. Es giebt bei den Fischen etwas, jenem Organ von gewissen Seiten Aehnliches, den sichelförmigen Fortsatz der Choroidea. Dieser unterscheidet sich aber von andern Seiten wieder so sehr von dem Fächer, daß er nicht auf die nehmliche Weise beim Sehen der Fische, wie der letztere beim Sehen der Vögel, wirken kann. Es könnte daher seyn, daß dem Fächer, ausser seinem Verhältniß zum Sehen, in gewissem Grade auch dieselbe Beziehung zukäme, welche der sichelförmige Fortsatz zu einer sonstigen Lebenserscheinung hat. Was für eine Erscheinung diese ist, darüber läßt sich erst nach einer genauen Untersuchung des Baus jenes Fortsatzes und der damit in Zusammenhang stehenden Theile etwas Wahrscheinliches festsetzen.

Wenn man das frische Auge eines Lachses von vorne öffnet, indem man die Hornhaut und die Iris wegnimmt, so sieht man im Hintergrunde der, von dem schwarzen, durchscheinenden Pigment der Choroidea graulich gefärbten Retina den Eintritt des Sehnerven als eine runde, weisse Scheibe. Durch die Mitte dieser Scheibe geht eine weisse Leiste und auf dieser ragt ein schwarzer, schmaler Fortsatz des innern Blatts der Choroidea hervor, der sich auf der untern Seite des Auges bis an den vordern Rand der Netzhaut erstreckt. Dies ist der gedachte sichelförmige Fortsatz, der eine deutliche Aehnlichkeit mit dem schwarzen Fächer des Auges der Vögel hat, doch darin als Rudiment des letztern zu erkennen ist, daß ihm die Falten desselben abgehen. Zwischen seiner Endigung am vordern Rande der Netzhaut und dem nächsten Pol der Linse liegt ein Körper von schwarzer Farbe, der mit einem schmalen Stiel anfängt, nach der Linse hin breiter wird und an seinem äussern, schmalen Ende mit dem sichelförmigen Fortsatz und der Choroidea, am innern, breiten mit der Linse zusammenhängt. Näher untersucht zeigt sich dieser Körper als die Anschwellung des Endes eines dünnen Nerven, der längs der Basis des Fortsatzes verläuft. Die Anschwellung ist platt, dreieckig und mit demselben Blatt der Aderhaut überzogen, aus welchem der sichelförmige Fortsatz besteht. Sie ist der Theil, den Haller den glockenförmigen (*Campanula*) nannte. Vor seinem schmalen Ende liegt auf ihm eine runde Hervorragung, von welcher nach seinem breiten, mit der Linse zusammenhängenden Ende sich divergirende Fasern erstrecken. Der Nerve ist gewiss ein Zweig eines Ciliarnerven, der neben dem Sehnerven in das innere Auge tritt. Ich habe zwar seinen Durchgang durch die Sklerotika und Choroidea nicht verfolgen können, weil beide Häute um seine Eintrittsstelle ein sehr festes und zähes Gewebe

bilden, das sich nicht von ihm trennen läßt. Der Anfang des zur Campanula gehenden Zweigs liegt aber inwendig grade da, wo der Stamm von aussen eindringt. Noch andere Zweige des letztern laufen über die auswendige Fläche der Choroidea fort. F. 18 dient zur Erläuterung dieser Beschreibung. Sie stellt das äussere Ende des zur Campanula gehenden Zweigs des Ciliarnerven mit der Glocke selber, getrennt vom Auge vor. d ist der Nervenzweig; c r das, die Campanula ausmachende Ganglion, nach Wegnahme der schwarzen Haut, womit dasselbe bedeckt ist; z. die Hervorragung dieses Ganglion, von welcher zu dem breiten Ende r Fasern gehen.

Mit diesen meinen Beobachtungen stimmen Rosenthal's Bemerkungen *) in der Hauptsache überein. Wenn aber Rosenthal geneigter ist, in der Campanula einen drüsigen Bau, als einen Nervenknotten anzunehmen, so kann ich ihm darin nicht beistimmen. Auch er würde vielleicht anderer Meinung geworden seyn, hätte er den, an der Basis des sichelförmigen Fortsatzes liegenden Ciliarnerven und dessen Uebergang in die Campanula gesehen.

Einige Abweichungen von diesem Bau des Lachsauges kommen bei mehreren Fischen, unter andern bei *Trigla Hirundo* vor. In dem Auge der Triglen erstreckt sich von der Eintrittsstelle des Sehnerven bis zum nächsten Pol der Linse ein schmaler Einschnitt des Markblatts der Netzhaut, längs welchem das inwendige Blatt dieser Haut eine Falte bildet, die in demselben mit der Choroidea verwachsen ist. Die Falte hat am innern Ende des Einschnitts eine Oeffnung. In diese treten zwei Nerven, von welchen der eine sehr dünn, der andere etwas dicker ist. Beide gehen, neben einander liegend, in der Falte bis zum gedachten Pol der Linse fort. Der dickere schwillt bald nach seinem Eintritt zu einem länglichen Ganglion an. Beide vereinigen sich in der Nähe des Pols, treten diesem gegenüber aus der Falte in den Glaskörper und bilden, indem sie zu einem schiefwinkligen, von zwei gegenüberstehenden Seiten zusammengedrückten Kegel anschwellen, die Campanula. Diese und ihr Stiel sind auf der, dem Lichte zugekehrten Seite mit schwarzem Pigment bedeckt. Die Falte des inwendigen Blatts der Netzhaut und die darin liegenden Nerven aber sind ungeschwärtzt. Auf der auswendigen Seite der Choroidea verlaufen längs der Falte eine Arterie und eine Vene.

F. 19 und 20 (Tab. II.) werden diese Beschreibung deutlicher machen.

F. 19 zeigt die inwendige Fläche der Netzhaut, die Campanula und die dazu gehörigen Theile des Auges der *Trigla Hirundo*. — p p. Die Choroidea. — a a. Das auswendige, silberfarbene Blatt derselben. — P P. Die Netzhaut, die hier grössere und kleinere, strahlenförmig von der Insertionsstelle des Sehnerven ausgehende Falten bildet. — t t. Wulst dieser Haut, der von Gefässen des innern Blatts der Choroidea herrührt. — o. Schwarzer Strich mit grauer Einfassung in der Mittellinie der scheibenförmigen Insertion des Sehnerven. — i i. Falte des inwendigen Blatts der Netzhaut, die in einer, von o bis r sich erstreckenden Spalte des Markblatts dieser Haut mit der Choroidea zusammenhängt. — v. Die beiden, in dieser Falte liegenden, sich gegen r hin vereinigenden Nerven. — r. Umbiegung dieser Nerven, nach ihrer Vereinigung, um die Campanula zu bilden. — c. Die Campanula.

F. 20. Die Nerven der vorigen Figur mit der Campanula, stärker vergrößert. — o. Anfang der Spalte des Markblatts der Retina, aus welcher die Nerven hervortreten. — q q. Der kleinere, v m der grössere Nerve. — g. Ganglion, welches der letztere bildet. — x. Umbiegung der beiden vereinigten Nerven. — c. Die Campanula von ihrer hintern Seite.

Beim Lachs giebt es also einen glockenförmigen Theil mit einem sichelförmigen Fortsatz. Bei *Trigla Hirundo* ist nur jener zugegen. Bei beiden aber gehen in einem Einschnitt des Markblatts der Netzhaut zur Linse Nerven, die einen andern Ursprung als der Sehnerven haben und an der Linse die Campanula bilden. Eine dritte Form kömmt beim Stöhr vor. Hier sahe ich einen Fortsatz des Sehnerven in einer Rinne der Sklerotika zu dem einen Pol der Linse gehen und sich an diesem endigen.

*) Reil's Archiv f. d. Physiologie. B. 10. S. 402. fg.

Ich habe diese Beobachtung schon in meinen Untersuchungen über den Bau und die Funktionen des Gehirns *) bekannt gemacht. Rudolphi **) hat sie für unrichtig erklärt. Er versichert, immer nur Gefäße, nicht Nerven, in dem Ausschnitt der Netzhaut des Fisches gefunden zu haben. Zum Beweise, daß ich nicht unrecht gesehen habe, theile ich in F. 21, 22 und 23 (Tab. II.) Abbildungen jener Bildung des Stöhrauges mit.

F. 21 stellt die untere Hälfte dieses Auges vor, welches durch einen, neben dem Eintritt des Sehnerven geführten Schnitt getheilt ist und woraus der Glaskörper und die Linse weggenommen sind. — h. Die Hornhaut. — s s. Die knorpelige Sklerotika. — t t. Aus Zellgewebe bestehender Ueberzug der Sklerotika. — g g. Aeusseres, silberfarbenes Blatt der Choroidea. — q q. Silberfarbene Tapete der Choroidea. Hinter dieser Tapete liegt ein schwarzes Pigment, das sich nach vorne über die inwendige Fläche des Ciliarkörpers und der Iris ausbreitet. Am Ciliarkörper sieht man Falten, die aber in dieser und der folgenden Figur zu stark ausgedrückt sind und eigentlich nur von der Stelle, wo der Fortsatz F des Sehnerven sich endigt und von dem entgegengesetzten Punkt der andern Augenhälfte ausstrahlen. — F. Der Fortsatz des Sehnerven, der in einer, von der Tapete entblößten Rinne der Sklerotika liegt. — n. Der Sehnerv. — z. Der, den Eintritt des Sehnerven umgebende, hufeisenförmige Körper (Ungula).

F. 22. Die vordere Hälfte eines, durch einen vertikalen Schnitt getheilten Stöhrauges. — s s. Auf der Seite des Fortsatzes des Sehnerven befindlicher dickerer, s' s' auf der entgegengesetzten Seite liegender dünnerer Theil der Sklerotika. — f. Rinne der Sklerotika, worin der weggenommene Fortsatz des Sehnerven liegt. — t t. Häutiger Ueberzug der Sklerotika. — g. Auswendiges, silberfarbenes Blatt der Choroidea. — k. Mittleres, sehr dünnes, inwendig mit schwarzem Pigment bedecktes Blatt dieser Haut. — q. Silberfarbene Tapete derselben. — c. Der Ciliarkörper mit der Iris.

F. 23. Der Sehnerv des Stöhrs mit dessen geöffneter Scheide und mit dem entfalteten Fortsatz desselben vergrößert. — N n. Der Sehnerv. — p p p p. Innere, schwärzliche, b b äussere, weisse Scheide desselben. — N. Stelle, an welcher der Sehnerv von der Choroidea und dem hufeisenförmigen Körper umgeben ist. — a d. Der entfaltete Fortsatz des Sehnerven. — a. Hinterer, breiter, d vorderer, schmaler Theil des Fortsatzes.

So besitzen einige Fische ein Organ, das dem schwarzen Fächer der Vögel ähnlich ist, während bei andern an dessen Stelle Organe zugegen sind, die dem Fisch nicht auf ähnliche Art, wie der Fächer dem Vogel, zum deutlichen Sehen behülflich seyn können. Was sie gemein haben, ist dies, daß sie insgesamt mit schwarzem Pigment überzogen sind, daß das Licht unmittelbar auf sie wirken kann, und daß sie entweder mit dem Sehnerven selber, oder mit einem Ciliarnerven in Verbindung stehen. Sollten sie also nicht etwa Mittel zur unmittelbaren Empfindung der erwärmenden Kraft der Sonnenstrahlen seyn? Sie absorbiren vermöge des schwarzen Pigments, das sie bedeckt, die Sonnenstrahlen; sie werden dadurch mehr als alle übrige Theile des Auges erwärmt, denen entweder auf der, dem Lichte ausgesetzten Fläche der schwarze Ueberzug fehlt, oder auf welche das Licht nicht geradezu wirken kann, und ihre Wärme geht in den Nerven, mit welchem sie verbunden sind, über. Sie sind also den Vögeln und Fischen eine Art von Termoskop. Eines solchen Werkzeugs bedürfen aber diese Thiere auch, um zu ihren Wanderungen aufgeregt zu werden, die sich nicht nach dem Grade der atmosphärischen Wärme, sondern nach den Jahreszeiten, also nach der Stärke der Sonnenstrahlen richten. Die Wärme der Atmosphäre und des Wassers hat auf diese Aeusserungen des Instinkts Einfluß. Aber sie werden dadurch nicht ursprünglich bedingt. Die Fische im Meere machen zum Theil ebenfalls

*) Verm. Schriften von G. R. u. L. C. Treviranus. B. 3. S. 158.

**) Grundriss der Physiologie. B. 2. Abth. 1. S. 194.

regelmässige Züge, obgleich die Temperatur des Meerwassers unter einerlei Graden der Breite unverändert bleibt. Wenn es ein äusseres Agens giebt, wodurch der Wanderungstrieb geweckt wird, so kann ein solches nur die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen seyn. Der Einwirkung desselben ist zwar die ganze Oberfläche des Körpers ausgesetzt. Aber auf dieses wirkt die Wärme des Mediums noch mehr als die des Sonnenlichts. Ausschliesslich für die letztere giebt es keine Organe als die Augen und in diesen nur bei den Vögeln, einigen Amphibien und den meisten Fischen die erwähnten Theile.

Um den Beweis meiner Meinung vollständig zu machen, würde es nöthig seyn, die Uebereinstimmung des Verhältnisses der Grösse, Lage und übrigen Eigenschaften des schwarzen Fächers, der Campanula und des sichelförmigen Fortsatzes zum übrigen Auge mit der Lebensweise einer grössern Zahl von Thieren, welche diese Theile besitzen, darzuthun. Hierzu fehlt es an hinreichenden Beobachtungen. Soviel ist aber gewiss, dass der Storch und der Lachs, zwei Thiere, die weite Züge in bestimmten Jahreszeiten machen, einen schwarzen Fächer, eine Campanula und einen sichelförmigen Fortsatz von ausgezeichneter Grösse besitzen.

Der Fontanasche Canal des Auges der Vögel.

Von diesem Canal ist es ausgemacht, dass er nur bei den Vögeln sich als ein wirklich offener Raum zwischen dem äussern und innern Blatt des Ciliarkörpers zeigt *). Noch unbemerkt ist aber meines Wissens der Umstand, dass die äussere Wand desselben mit der innern des Knochenrings durch einen doppelten Kranz von Fasern zusammenhängt (Tab. I. F. 12. 13. 14.). Der eine Kranz (F. 12. v. F. 14. q q.) umgiebt den vordern, der andere (F. 12. 13. z. F. 14. p p.) den hintern Rand jener äussern Wand. Die Fasern derselben liegen gedrängt an einander und divergiren von vorne nach hinten. Am längsten und dicksten sind sie bei den Raubvögeln, kleiner und dünner bei den übrigen Vögeln. Sie erscheinen unter dem Mikroskop gleich den Muskelfasern mit parallelen Querstrichen gezeichnet. Doch haben sie dabei eine Steifheit und Starrheit, die nicht den wahren Muskelfasern eigen ist. Auch scheinen die Ciliarnerven keine Zweige an sie abzugeben. Die äussere Wand des Fontanaschen Canals (F. 12. m m), zu welcher sie gehen, ist so breit wie der Knochenring und besteht ebenfalls aus lingslaufenden, parallel neben einander liegenden Fasern. Sie hängt vorne durch einen wulstigen Rand mit dem hintern Rand des innern Blatts der Cornea, hinten mit dem vordern Rand der Choroidea und dem hintern des Knochenrings zusammen. Die innere Wand (F. 14. A A.) ist dasselbe Blatt, auf dessen inwendiger Fläche sich die Ciliarfortsätze befinden. Beide Wände schliessen nach dem Tode dicht an einander, ohne auf sonstige Art, als durch die beiden Fasernkränze, an einander befestigt zu seyn.

Vielleicht wird bei dem lebenden Vogel der Canal unter gewissen Umständen durch eine Flüssigkeit ausgedehnt. Doch kann, wenn dies der Fall ist, nicht etwa eine Veränderung in der Lage der Linse, sondern nur eine stärkere Anspannung der Choroidea und mittelbar auch der Retina dadurch hervorgebracht werden. Es ist überhaupt eine Verrückung der Linse aus ihrer Stelle nicht anders, als nach vorhergegangener Verminderung des Volumens der wässrigen Feuchtigkeit oder des Glaskörpers möglich. Träte mit einer solchen Verminderung gleichzeitig eine Anfüllung und Ausdehnung des Fontanaschen Canals ein, so müfste sich die Lage der Linse ändern. Allein es giebt nichts, was uns berechtigt, eine solche Verminderung anzunehmen.

*) Kieser de anamorphosi oculi. p. 68.

X.

Ueber die Augen und das Sehen der Insekten.

Einfache Augen der Insekten.

Man hatte sehr mangelhafte Kenntnisse von diesen Organen, bis Sömmering *) zeigte, dafs sie bei *Libellula grandis* und *Aranea avicularia* eine Linse enthalten, die vorne mit einer Hornhaut, hinten mit einer faserigen Ausbreitung des Sehnerven bedeckt ist, und dafs bei *Libellula grandis* auf der vordern, bei *Aranea avicularia* auf der hintern Seite dieser Ausbreitung ein farbiges Pigment liegt. Nach Sömmering fand J. Müller **) an den einfachen Augen der Arachniden und Skorpioniden nicht nur eine Hornhaut und eine Linse, sondern auch einen Glaskörper. Der letztere soll, seiner Versicherung nach ***), auch den einfachen Augen der übrigen Insekten eigen sey. Er führt aber keine einzelne Beobachtung zum Beweise dieser Angabe an.

Durch Sömmering's Entdeckung auf diese Theile aufmerksam gemacht, untersuchte ich dieselben, bald nach Erscheinung seiner angeführten Schrift, an *Tettigonia Tympanum*, *Vespa Crabro*, *Bombus terrestris* und *Libellula quadrimaculata*. Ich traf ebenfalls bei allen diesen Thieren eine Linse an. Aber bei der Hornisse und Hummel giebt es keine Hornhaut. Ob diese bei der Tettigonie vorhanden ist, mufs ich dahin gestellt seyn lassen. Bei der Libelle giebt es entweder eine Hornhaut und Linse ohne Glaskörper, oder eine Linse und einen Glaskörper ohne Hornhaut. Zwischen der Linse und dem Sehnerven befindet sich wahrscheinlich bei allen Insekten ein Raum, der mit einer dritten Materie ausgefüllt ist. Da diese aber eine Flüssigkeit seyn kann, die sich bei ihrer höchst geringen Quantität nur dann und auch dann nicht immer unterscheiden läfst, wenn sie durch Weingeist zum Gerinnen gebracht ist, und da nicht einzusehen ist, warum sie die Eigenschaft des Gerinnens mit dem Glaskörper der höhern Thiere immer gemein haben sollte, so zweifele ich sehr, dafs sich ein Glaskörper an den einfachen Augen aller Insekten nachweisen läfst. Allgemein scheint aber von diesen Augen zu gelten: dafs in jedem derselben die Linse von der Mündung der becherförmigen Höhlung des Endes eines Nerven umfaßt wird, der entweder unmittelbar aus dem Gehirne entspringt, oder ein Zweig eines besondern Hirnnerven ist, dessen übrige Zweige zu den übrigen einfachen Augen gehen, und dafs jene Mündung entweder blos rings um ihren Rand, oder auch inwendig mit einem farbigen Pigment überzogen ist.

Meine einzelnen Beobachtungen über diese Theile sind folgende.

Die *Tettigonia Tympanum* besitzt, wie überhaupt die Tettigonien und mit ihnen viele andere Insekten, drei einfache Augen, die ziemlich grofs sind. Trennet man dieselben von den übrigen Theilen und betrachtet sie mit dem Vergrößerungsglase von ihrer vordern oder hintern Seite und von unten erleuchtet, so erblickt man darin eine Linse, die von einem, zur Hälfte durchsichtigen, zur Hälfte undurchsichtigen Ring umgeben ist (Tab. II. F. 25). Sondert man diesen Ring mit der Linse von der hornartigen Kopfdecke ab, worin er befestigt ist, und betrachtet beide von der Seite (Tab. II. F. 26), so findet man sowohl vor als hinter ihm einen Kugelabschnitt (F. 26, 27. i. x.), von welchen der vordere (i) merklich breiter als der hintere (x) ist. Der letztere liegt in der Mündung einer halbkugelförmigen Höhlung (Tab. II. F. 28. v.) des erweiterten Endes des Sehnerven (s), die auf der

*) De oculorum et c. sectione horizont. p. 73. 74.

**) Zur vergl. Physiologie des Gesichtssinns des Menschen und der Thiere. S. 315. fg.

***) Ebendas. S. 332.

Aussenseite ihres vordern Randes mit einem zinnoberfarbenen Pigment bedeckt ist. Die Nerven der drei einfachen Augen (Tab. II. F. 24. s. s. s.) entstehen aus einem langen einfachen Stamm (q), der aus der Mitte des vordern Randes des Gehirns (G) entspringt und sich gabelförmig spaltet. Die beiden Zweige desselben gehen zu den beiden äussern Augen. Aus jedem von ihnen entsteht auf der inwendigen Seite ein kurzer Ast, der sich mit dem des andern Zweigs vereinigt und mit ihm den Sehnerven des mittlern Auges bildet.

Die drei einfachen Augen der Hornisse (Tab. II. F. 31. a. b. c.) sind ebenfalls von einem Ring umgeben (Tab. II. F. 32. p q.) und sowohl hinten als vorne deutlich gewölbt (F. 32. m. n.). Die vordere Wölbung (m) ist weit höher und breiter als die hintere (n). Das mittlere Auge (F. 31. a.) ist etwas gröfser als jedes der beiden äussern (b. c.). Die Nerven dieser Augen (F. 29. r. r. i.) sind drei sehr kurze Fortsätze am Gipfel des Gehirns, hinter dem Ursprung der Nerven der Fühlhörner (F. 29. t. t.), die an ihrem äussern Ende runde, sowohl inwendig, als am Rande mit einem dunkelvioletten Pigment und darüber mit einer sehr dünnen, weiflichen Haut überzogene Kapseln bilden (F. 30. m.), in deren Höhlung die hintere Hälfte der Linse ruhet.

An den einfachen Augen der Hummel (*Bombus terrestris*) ist ebenfalls die vordere Fläche (Tab. II. F. 33. n.) weit convexer und ein weit gröfserer Kugelabschnitt, als die hintere (p.). Eine Hornhaut giebt es auch hier nicht. Die Nerven dieser Augen haben den nehmlichen Ursprung aus dem Gehirne und dieselbe Bildung wie die der Hornisse.

Bei der *Libellula quadrimaculata* zeigt sich an jedem der drei einfachen Augen nach aussen ein durchsichtiger, hinten concaver, vorne convexer Theil (Tab. II. F. 34. α .), der in einem hornartigen (in F. 34 weggenommenen) Ring befestigt ist. Hinter diesem liegt ein zweiter durchsichtiger Theil (π), der vorne und hinten convex, an den Seiten eingedrückt und mit der vordern Fläche der hintern des vorigen eingepafst ist. Jedes Auge hat seinen besondern, aus dem vordern Rande des Gehirns entspringenden Nerven (Tab. II. F. 35. i.). Dieser wird von seiner Wurzel an bis zu seinem äussern Ende (F. 35. δ .) dicker, umfasst mit diesem den zuletzt genannten durchsichtigen Theil (F. 34. π .) und ist daran von einem farbigen Gürtel (F. 34. p.) umgeben.

Die Gestalt der durchsichtigen Theile dieser Augen der Libelle weicht zwar von der ab, welche der Hornhaut und Linse der höhern Thiere eigen ist. Sie ist aber von der letztern noch mehr verschieden, wenn man den vordern Theil (F. 34. α .) für eine Linse und den hintern (F. 34. π .) für einen Glaskörper annimmt. Auf jeden Fall findet hier eine andere Bildung des Auges als bei den Wirbelthieren statt.

Es ist hiernach ausser Zweifel, dafs die einfachen Augen der Insekten wirklich Gesichtswerkzeuge sind. Aber wie sie als solche nützen, bleibt eine schwer zu beantwortende Frage. Ihre Funktion ist räthselhaft, nicht nur weil sie nur auf eine sehr geringe Entfernung wirken können, sondern auch weil sie auf der obern Seite des Kopfs liegen, wo sie ohne allen Schutz den blendenden Sonnenstrahlen ausgesetzt sind, und wo kein Wahrnehmen dessen, was das Insekt mit den Palpen der Fresswerkzeuge oder mit den Vorderfüfsen betastet, durch sie geschehen kann. Ich sehe keine andere Möglichkeit zur Erklärung ihrer Wirkungsart, als bei der Voraussetzung, dafs, ihrer Kleinheit ohngeachtet, der Radius ihrer Wirkungssphäre doch grofs genug für das Insekt ist, um bei niedergesenktem Kopf die grade vor demselben liegenden Gegenstände unterscheiden zu können.

Zusammengesetzte Augen der Insekten.

Wenn $a e' a'$ (Tab. IV. F. 58.) eine convexe oder polyedrische, nach einer regelmäfsigen Curve gebogene Hornhaut, $g r g'$ ein farbiges, halbdurchsichtiges, die concave Seite dieser Haut bedeckendes Pigment und $p z p'$ eine, unmittelbar unter dem farbigen Ueberzug liegende Nervensubstanz ist; wenn

ferner $d d'$ ein Gegenstand ist, der sich in $a e' a'$ spiegelt, so werden die von $d d'$ auf die Tangenten $t t'$, $m m'$ der Curve $a e' a'$ fallenden Strahlen $d o$, $d' o'$ bei ihrem Durchgange durch das Pigment $g r g'$ am wenigsten geschwächt werden und am stärksten auf die Substanz $p z p'$ wirken, alle übrige $d e$, $d' e'$ aber, die schief auf $a e' a'$ fallen, desto mehr zurückgeworfen werden und einen desto schwächern Eindruck auf $p z p'$ machen, je schiefer ihr Einfallswinkel ist. Die stärkere Wirkung der Strahlen $d o$, $d' o'$ kann die schwächere der übrigen $d e$, $d' e'$ so sehr übertreffen, daß die Substanz $p z p'$ von den Punkten d , d' in o , o' einen Eindruck erhält, welcher eine, der Lage dieser Punkte im Objekt entsprechende Empfindung zur Folge hat, während die schiefen Strahlen $d e$, $d' e'$, die dem beschauenden Auge ein verzerrtes Bild darstellen, keine empfindbare Wirkung auf $p p'$ hervorbringen.

Die Theile $a e' a'$, $g r g'$, $p z p'$ machen in ihrer Verbindung das Wesentliche der zusammengesetzten Augen der Insekten aus. Man kann daher in einem gewissen Sinn behaupten, und so ist von mir im 6ten Bande der Biologie (S. 440) gesagt worden, das Sehen durch die zusammengesetzten Augen der Insekten geschehe zum Theil nach katoptrischen Gesetzen. Dieser Erklärung hat ein neuerer Schriftsteller *) widersprochen. Er wendet ein: das Bild im Spiegel sey ja nicht für den Spiegel, sondern nur für das betrachtende Auge vorhanden. Dies weiß freilich jeder Schulknabe. Die Frage, worauf es hier ankömmt, ist aber: Bei welchem der unendlich vielen Bilder, die jeder Spiegel von einem Gegenstande zurückwirft, die Strahlen so einfallen, daß sie den stärksten Eindruck auf eine, die hintere Fläche des Spiegels bedeckende, für die Einwirkung des Lichts empfängliche Substanz hervorbringen? Hierauf kann es keine andere Antwort als die obige geben. In der That ist auch die Erklärung, die Müller selber aufgestellt hat, nur darin von der meinigen verschieden, daß er sie einem andern Bau der zusammengesetzten Augen, als ich annehmen zu müssen glaubte, angepaßt hat.

Nach Müller's Untersuchungen bestehen alle einzelne Facetten der Hornhaut aus Linsen, die bei einigen Insekten biconvex, bei andern nur auf der auswendigen Seite convex, auf der inwendigen platt sind. Unter jeder Linse liegt ein kegelförmiger Glaskörper. Auf den hintern Enden dieser Kegel endigen sich die einzelnen Fäden des Sehnerven. Alle diese Theile sind an den Rändern und an den Seiten, und blos an diesen, nicht aber auf ihrer vordern Fläche, mit einem undurchsichtigen Pigment bedeckt. Zuweilen ist zwar zwischen den innern Theilen und der inwendigen Fläche der Hornhaut ein helles Pigment ausgebreitet. Dieses unterscheidet sich aber sehr von dem übrigen dunkeln Pigment der innern Theile. Es sey z. B. $m n$ (Tab. IV. F. 59) ein Stück der Hornhaut; $p e$, $x e'$ bis $x''' n$ seyen die kegelförmigen Glaskörper und a , b , c , d , f die zu diesen Körpern gehenden Fäden des Sehnerven. Müller fand, daß $m e$, $e e'$ u. s. w., so wie $p e$, $x e'$ u. s. w. an den Seiten mit einem undurchsichtigen Pigment überzogen sind, daß es aber unter den hintern Flächen der Facetten $m e$, $e e'$ u. s. w. keine solche Bedeckung giebt. Wenn nun, meint er, von dem Punkte h die Strahlen $h r$ und $h t$ auf $e' e''$ und $e e'$ fallen, so wird der senkrechte Strahl $h r$ zur Faser c gehen, der schiefe Strahl $h t$ hingegen bei t das Pigment $e x$ treffen und vom diesem absorbirt werden, ohne auf die Faser b zu wirken.

Jene Beobachtungen und die darauf gegründete Meinung passen wohl auf einige, aber nicht auf alle Insekten. Was zuerst die Gestalt der Facetten betrifft, aus welchen die Hornhaut besteht, so fand ich an diesen immer die Vorderfläche, nicht aber immer die hintere Fläche convex. Diese schien mir in einigen Fällen, namentlich bei der Hornisse, concav zu seyn. Bei der letztern haben die Facetten eine solche Dicke, daß diese ihren Durchmesser um das Drei- und Vierfache übertrifft. Auf der Fläche eines Durchschnitts nach der Richtung ihrer Dicke erscheint sie undurchsichtig, und man sieht darauf sich dunkle Streifen von der hintern zur vordern Fläche erstrecken. Sie muß also aus sechseckigen Prismen bestehen, die nach aussen eine convexe, nach innen eine concave Fläche zur Basis haben und nur in der Richtung ihrer Axe durchsichtig sind. Einen Glaskörper traf ich früher

*) J. Müller, Zur vergl. Physiol. des Gesichtssinns. S. 361.

bei *Blatta orientalis* an. Hingegen bei *Vespa Crabro*, *Papilio Rhamni* und *Libellula quadrimaculata* konnte ich keine Spuhr davon entdecken. Nicht weniger verschieden fand ich die Art der Ausbreitung des farbigen Pigments an und unter den durchsichtigen Theilen der Augen. Bei *Blatta orientalis* verhält es sich damit so, wie Müller angiebt. Bei der Hornisse lag unter der Hornhaut eine sehr dünne, durchsichtige Haut mit eben so vielen, nach aussen convexen Abtheilungen, als die Hornhaut Facetten hatte, und unmittelbar an diese stießen die Enden der Sehnerven, die in einem schwarzbraunen Pigment von allen Seiten eingehüllet waren. Bei *Papilio Rhamni* fand ich unmittelbar unter der Hornhaut ein gelbes Pigment, welches eben so viele und eben solche Abtheilungen wie diese Haut enthielt. Unter derselben lag ein schwarzes Pigment, das die Enden der Sehnervenfäden bedeckte. Dieses ragte in der Gestalt von schwarzen Punkten auf der Oberfläche des gelben Pigments, zwischen den Abtheilungen desselben, hervor. Nirgends waren entblößte Enden der Sehnervenfäden sichtbar. Bei *Libellula quadrimaculata* befand sich unter den Rändern der Abtheilungen der Hornhaut ein orange-farbener Firnis, und dieser umgab zugleich die Seitenflächen der Fäden des Sehnerven an deren vordern Enden, erstreckte sich aber nicht über die vordere Fläche dieser Enden und über die hintere Fläche der Facetten der Hornhaut.

So stimmen auch die Beobachtungen Blainville's *) in manchen Stücken mit den Müllerschen und einigen der meinigen überein, während sie in andern davon abweichen. Blainville sagt: es sey ihm nur an einer grossen Palinurusart (Langouste) gelungen, sich über die Struktur der zusammengesetzten Insektenaugen Gewissheit zu verschaffen. Er fand daran die Abtheilungen der Hornhaut auf der auswendigen Seite convex, auf der inwendigen concav. Hinter der Hornhaut lag eine schwarze Gefäßhaut, die in der Mitte jeder Facette eine kleine Oeffnung hatte, worin Blainville ein Analogon der Pupille sieht. Von dieser Oeffnung erstreckte sich ein kleiner häutiger Fortsatz in der Gestalt einer sehr kurzen Röhre zu einem, ihm entsprechenden Wäzchen einer beträchtlich grossen, etwas gallertartigen, doch ziemlich festen, deutlich durchsichtigen Masse, die Blainville für den Glaskörper annimmt. Er konnte nicht darüber Gewissheit erhalten, ob diese Masse für jede Röhre eine besondere Abtheilung hatte. Aber auf jeden Fall waren die Scheidewände, wenn es solche gab, vollkommen durchsichtig. Dieser Glaskörper war nach aussen convex, nach innen concav. An seine concave Seite gränzte das angeschwollene Ende des Sehnerven, dessen Oberfläche eben so viele Vertiefungen zu haben schien, als Augenröhren vorhanden waren.

Wenn man alle diese Beobachtungen zusammennimmt, so läßt sich nicht anders schliessen, als dafs zwar bei allen Insekten das Sehen durch die zusammengesetzten Augen nur vermittelt der Strahlen geschehen kann, die von den einzelnen Punkten der äussern Gegenstände senkrecht auf die Mitte der einzelnen Facetten fallen, aus welchen die Hornhaut besteht, dafs aber die Mittel, wodurch den Strahlen, die in schiefer Richtung die Facetten treffen, der Weg zu den Enden der Sehnervenfäden abgeschnitten ist, bei den verschiedenen Insekten von sehr verschiedener Art sind. Es kann hierzu bei einigen Arten die Bedeckung der ganzen hintern Fläche der Hornhaut mit einem Pigment dienen, welches nur einen solchen Grad von Durchsichtigkeit hat, dafs blos die senkrechten Strahlen von demselben einigermaassen durchgelassen, die schiefen aber absorbirt oder zurückgeworfen werden. Bei andern kann die Wirkung der schiefen Strahlen durch die, von Müller angegebene Vorrichtung aufgehoben werden. Derselbe Zweck kann auch durch die, von Blainville bemerkten, aus einer schwarzen Haut bestehenden Augenröhren erreicht seyn, die von den hintern Flächen der einzelnen Abtheilungen der Hornhaut zum Glaskörper gehen und, sowohl vermöge ihrer Schwärze, als wegen ihrer engen Oeffnung, nur längs ihrer Axe Strahlen durchlassen.

*) Principes d'Anat. comp. T. I. p. 433.

Erklärung der zootomischen Abbildungen.

Tab. I.

Fig. 1. Die vordere Fläche einer, in Weingeist erhärteten Krystalllinse der Gans, nach Wegnahme der Linsenkapsel. m m. Lanzettförmige, fasrige Blätter, woraus die äussere Schichte der Linsensubstanz besteht. — a. Vorderer Pol der Linse, rings um welchen diese Blätter mit ihren Enden so zusammenkommen, dass sie einen freien Zwischenraum lassen, der innerhalb der Linsenkapsel mit einer Flüssigkeit ausgefüllt ist.

Fig. 2 - 7. Durchschnittsfläche der in Weingeist erhärteten und in der Axe getheilten Linse des Auges des Menschen (Fig. 2), des Capuzineraffen (Fig. 2*), des Meerschweins (Fig. 3), des Narhwal (Fig. 3*), des rauhbeinigen Falken (Fig. 4), des Storchs (Fig. 5), der Trigla Hirundo (Fig. 6) und des Cyclopterus Lumpus (Fig. 7).

In Fig. 3, 3*, 6 und 7 giebt es einen regelmässigen, runden Kern. In Fig. 2 ist derselbe sichelförmig, mit der concaven Seite nach vorne gekehrt und von der, vor ihm liegenden weichern Substanz nicht scharf getrennt. In Fig. 4 hat er eine sehr unregelmässige Gestalt und eine andere Zusammensetzung als bei den Säugthieren und Fischen. Bloss das hinterste Segment o desselben ist von ähnlicher Härte, Farbe und Durchsichtigkeit wie bei den letztern. In Fig. 2* giebt es an der Stelle des Kerns bloss bogenförmige, dunkle Streifen. In Fig. 5 fehlt der Kern ganz. In Fig. 6 ragt aus der Mitte des durchschnittenen Kerns noch ein kleinerer, innerer hervor, der seiner grossen Härte wegen undurchschnitten geblieben ist.

In Fig. 3 nimmt der Kern die Mitte der Linse ein. In den übrigen Figuren liegt er der hintern Fläche der Linse näher als der vordern.

In Fig. 3, 3*, 4, 6, 7 besteht die, den Kern umgebende Substanz aus zwei Schichten, die von einander getrennt sind und auf der Durchschnittsfläche eine fasrige Textur zeigen. Die Fasern derselben laufen in Fig. 3, 3*, 6, 7 concentrisch mit dem Umfange der Linse. Hingegen in Fig. 4 sind die der äussern Schichte n n schief gegen diesen Umfang gerichtet.

Fig. 8. Fläche des horizontalen Durchschnitts der Hornhaut des Menschen, als Beispiel einer Hornhaut, woran die inwendige Krümmung einen kleinern Halbmesser als die äussere hat.

Fig. 8*. Fläche des horizontalen Durchschnitts der Hornhaut des Bären, als Beispiel einer Hornhaut, die auswendig stärker als inwendig gekrümmt ist.

Fig. 9. Verbindung des Strahlenplättchens (Zonula) mit dem innern Blatt der Retina des Auges der Gans.

P. Ein Ausschnitt der Linsenkapsel, worauf man Streifen sieht, die sich von den Falten der Zonula fortsetzen. — d d'. Die Zonula, deren Falten die, mit schwarzem Pigment bedeckten Hervorragungen i i' bilden. — r r'. Der innere, mit der Linsenkapsel zusammenhängende Rand der Zonula. — c c'. Der äussere Rand derselben. — a a'. Ein Abschnitt des, mit diesem Rand verbundenen, inwendigen Blatts der Retina.

Fig. 10. Basis des Gehirns eines männlichen Maulwurfs.

Die Nerven sind nach ihrer Folge mit Zahlen, doch, um die Anhäufung der Ziffern zu vermeiden, meist nur auf der einen Seite bezeichnet. Von Nerven des dritten, vierten und sechsten Paares fand ich an diesem Gehirn keine Spuhr. Vor dem zehnten Paar lag ein Nerve, der ohne Zweifel der Zungenschlundnerve war, den ich aber nur unter einer stärkern Vergrößerung bemerkte und, seiner Feinheit wegen, nicht mit habe vorstellen können. Der Beinerve (11) ist etwas zu stark ausgedrückt. — m. Markstreifen, aus welchem die Sehnerven (2) entspringen. — o. Der Hirnanhang. — l. Lappen, in welchem das untere Ende des Hippocampus, bloss mit einem dünnen Ueberzug von Rinde bedeckt, liegt. — q. q. Die Seitentheile des kleinen Gehirns. — Die übrigen Theile bedürfen für den Kenner keiner Erklärung.

Fig. 10*. Natürliche Länge dieses Gehirns.

Fig. 11. Vordere Fläche der Iris des Narhwalauges.

Q Q. Der abgeschnittene, mit der Iris zusammenhängende und mit den Wirbelgefässen bedeckte Theil der Choroidea. — Z Z. T T. Die beiden, dem Anschein nach aus einem Gewebe von Haargefässen bestehenden, zwischen der Choroidea und der Iris liegenden Ringe. — o. Die Pupille. — p. p. Die beiden Stämme der Ciliararterien. — n. n. u. s. w. Die Stämme der Ciliarnerven.

Fig. 12 und 13. Endigung der Ciliarnerven und Gestalt des Fontanaschen Canals beim rauhbeinigen Falken. (Falco lagopus.)

Fig. 12. Augapfel dieses Falken, woran die Sklerotika, der Knochenring und die Hornhaut weggenommen sind.

o. Der Sehnerv. — c. Die Stämme der Ciliarnerven. — a a. Der Theil der Sklerotika, der den Eintritt des Sehnerven und der Ciliarnerven umgiebt. — m. m. Aeussere, unter dem weggenommenen Knochenringe liegende Wand des Fontanaschen Canals. — z. Hinterer Fasernkranz dieser Wand, über welchen die Zweige der Ciliarnerven fortlaufen. — v. Vorderer Fasernkranz, unter welchem diese Zweige ein Geflechte bilden. — p p. Am hintern Rand der Iris liegender Ring von gekräuselten Gefässen, aus welchen grade Zweige, die den vermeinten Cramptonschen Augenmuskel ausmachen, zum innern Blatt der Hornhaut gehen.

Fig. 13. Die Iris des rauhfüssigen Falken von der vordern Seite, nebst den Theilen, die den Fontanaschen Canal umgeben, und dem, von den Ciliarnerven auf der einen Seite gebildeten Geflechte, vergrößert.

q. Die Pupille. — r. Die von ihrem Pigment entblößte, aus bogenförmigen Fasern bestehende, vordere Fläche der Iris. — e. Ring von gekräuselten Gefässen, welcher den hintern Rand der Iris umgiebt. — n. Ring von graden Gefässen, die von dem Ringe e convergirend zur Iris gehen. — A A. Der, auf der linken Hälfte der Figur durch Wegnahme seiner äussern Wand geöffnete, Fontanasche Canal. — t t. Fortsatz der innern und äussern Wand, welcher mit der Choroidea und dem Knochenringe zusammenhängt. — z z. Die rechte Hälfte des hintern Fasernkranzes der äussern Wand jenes Canals. — c. Die, sich unter dem vordern, weggenommenen Fasernkranze auf der rechten Hälfte der Figur verflechtenden Ciliarnerven.

Fig. 14. Die eine Hälfte der Iris des Auges der Rohrdommel (*Ardea stellaris*) von der vordern Seite mit der äussern Wand des Fontanaschen Canals.

o. Der innere, x der äussere Ring der Iris. Mit dem letztern verbindet sich das innere, mit dem erstern das äussere Blatt der Choroidea. — A A. Die äussere Wand des Fontanaschen Canals. — q. Der vordere, p der hintere Kranz von Fasern, welche diese Wand mit der innern Fläche des Knochenrings verbinden.

Fig. 15 und 16. Gestalt des Sehnerven der Rohrdommel bei seinem Eintritt ins innere Auge, F. 15 von oben, Fig. 16 von der Seite.

a. Der Nerve ausserhalb des Auges, entkleidet von seiner äussern Haut. — m. Endigung desselben innerhalb der Sklerotika und Choroidea. Auf dieser markigen Fläche ist, ihrer Länge nach, der schwartze Fächer befestigt. Neben der Basis desselben geht die Marksubstanz des Nerven in die Netzhaut über. — v v. Stücke der Sklerotika, die zu beiden Seiten des Endes der Verlängerung m, welche der Nerve innerhalb dieser Haut bildet, so fest mit ihm zusammenhängen, dass sie sich, ohne ihn zu verletzen, nicht von ihm trennen lassen.

Tab. II.

Fig. 17. Ein ausgebreitetes Stück des schwartzen Fächers der Rohrdommel mit dessen Gefässen.

b. Der obere Rand des Fächers, von welchem die Haut, wodurch die Falten unter einander verbunden sind, abgeschnitten ist. — a. Der untere, mit dem Sehnerven verbundene Rand.

Fig. 18. Glockenförmiger Theil des Lachsauges.

Die nähere Erklärung dieser Figur und der fünf folgenden ist schon oben, auf der 81sten und der folgenden Seite gegeben worden.

Fig. 19. Die inwendige Fläche der Netzhaut, die Glocke und die, zu dieser gehörige Theile von *Trigla* *Hirundo*. S. 81.

Fig. 20. Die Nerven der vorigen Figur nebst der Glocke, vom übrigen Auge getrennt und stärker vergrößert. S. 81.

Fig. 21. Die untere Hälfte eines Stöhrauges, welches durch einen, neben dem Eintritt des Sehnerven weggehenden, horizontalen Schnitt getheilt ist, und woraus der Glaskörper nebst der Linse weggenommen sind. S. 82.

Fig. 22. Die vordere Hälfte eines, durch einen vertikalen Schnitt getheilten Stöhrauges. S. 82.

Fig. 23. Der Sehnerv des Stöhrs mit dessen geöffneter Scheide und mit dem entfalteten Fortsatz desselben, vergrößert. S. 82.

Fig. 24. Nervensystem der *Tettigonia Tympanum*.

G. B. C. D. Die Ganglien des Kopfs, des Halses, der Brust und des Bauchs. — A. Oeffnung zwischen der Verbindung des Kopf- und des Halsknotens, durch welche der Schlund dringet. — t. t. Die beiden Stränge, die den Halsknoten B mit dem Brustknoten C verbinden. — q. Der gemeinschaftliche Stamm der drei einfachen Augen. — s. s. s. Netzhäute der drei einfachen Augen, welche dieser Stamm nach einer zweimaligen, gabelförmigen Spaltung bildet. — r. Der Anfang des rücklaufenden Nerven. — a. a. Nerven der Fühlhörner. — o. o. Nerven der beiden zusammengesetzten Augen.

Fig. 25. Eines der beiden äussern einfachen Augen der *Tettigonia Tympanum* von der inwendigen Seite und von unten erleuchtet.

Man sieht in der Mitte die Linse, um diese einen, zur Hälfte durchsichtigen Ring und nach aussen den abgeschnittenen Theil der Kopfdecke, worin dieser Ring befestigt ist.

Fig. 26. Eben dieses Präparat von der Seite gesehen.

d d. Der erwähnte Theil der Kopfdecke. — x. i. Der, hinter und vor demselben liegende Kugelabschnitt.

Fig. 27. Dasselbe Präparat nach Wegnahme des Theils d d (Fig. 26) der Kopfdecke.

x. Das hintere Segment der Linse. — i. Die, das vordere Segment der Linse bedeckende Hornhaut.

Fig. 28. Der Sehnerv dieses Auges mit dessen Ausbreitung.

s. Der Sehnerv. — v. Becherförmige Ausbreitung desselben, worin das hintere Segment der Linse (Fig. 27) seinen Platz hat und deren Rand mit einem rothen Pigment überzogen ist.

Fig. 29. Das Gehirn der Hornisse (*Vespa Crabro*) von der obern Seite.

i. r. r. Kapselförmige, mit einem dunkeln Pigment bedeckte Fortsätze des Gehirns, welche die Sehnerven der drei einfachen Augen bilden. — t. t. Die Nerven der Fühlhörner. — o. o. Die, auf ihrer äussern Fläche mit einem dunkeln Pigment bedeckten Nerven der zusammengesetzten Augen. — p. Die Oeffnung für den Durchgang des Schlundes.

Fig. 30. Eine der obigen Kapseln (Fig. 29. i.) 60mal im Durchmesser vergrößert.

m. Höhlung derselben für die Linse des zu ihr gehörigen Auges.

Fig. 31. Ein Stück des Schädels, welches die drei einfachen Augen der Hornisse enthält, nebst diesen Augen, unter einer 60mal im Durchmesser vergrößernden Linse von der inwendigen Seite gesehen.

A A. Das erwähnte Stück. — a. b. c. Die drei einfachen Augen, umgeben von ihren Ringen.

Fig. 32. Eines dieser Augen, von der Seite gesehen.

m. Die vordere, auswendige, n die hintere, inwendige Fläche des Auges. — p q. Stück des Schädels, von welchem das Auge umgeben ist. — w. Haare, womit dieses Stück besetzt ist.

Fig. 33. Eines der einfachen Augen des Männchens der Hummel (*Bombus terrestris*), von der Seite gesehen.

a b. Stück des Schädels, worin das Auge befestigt ist. — n p. Das Auge. — n. Das vordere, p das hintere Segment desselben. — c. Haare, die das Auge beschatten.

Fig. 34. Das mittlere einfache Auge der *Libellula 4maculata* mit dessen Nerven.

α π . Das Auge. — α . Vorderer, durchsichtiger, nach hinten concaver, nach vorne convexer Theil desselben. — π . Hinterer, durchsichtiger Theil dieses Organs. — i. Der Sehnerv. — p. Färbiger Gürtel, der das peripherische Ende dieses Nerven umgiebt.

Fig. 35. Der Nerve i der vorigen Figur so vorgestellt, dass man die Endigung δ desselben sieht, mit welcher der Theil π der 34sten Figur verbunden ist.

I n h a l t

d e s e r s t e n H e f t s.

Vorerinnerungen. S. 5.

I. Allgemeine Gesetze der Strahlenbrechungen im Auge des Menschen und der Thiere. S. 7.

II. Dimensionen und strahlenbrechende Kräfte des menschlichen und thierischen Auges. S. 20.

III. Deutlichkeit und Schärfe des Sehens. S. 34.

IV. Vom Sehen in der Ferne und in der Nähe. S. 46.

V. Ob es ein Einrichtungsvermögen des Auges nach der Entfernung der Gegenstände giebt? Die Nickhaut der Thiere. S. 52.

VI. Vom Sehen im Wasser. S. 60.

VII. Vom Sehen ausserhalb der Augenaxe. S. 63.

VIII. Von den Mitteln, wodurch den Nachtheilen der zu starken und zu schwachen Beleuchtung der Gegenstände abgeholfen ist. S. 71.

IX. Beobachtungen über einige einzelne Theile des Auges der Wirbelthiere. S. 75.

Die Netzhaut. S. 75.

Die Verbreitung der Ciliarnerven auf der Iris. S. 77.

Der schwartze Fächer des Auges der Vögel. Der sichelförmige Fortsatz der Choroidea und der glockenförmige Theil des Auges der Fische. S. 79.

Der Fontanasche Canal des Auges der Vögel. S. 83.

X. Ueber die Augen und das Sehen der Insekten. S. 84.

Einfache Augen der Insekten. S. 84.

Zusammengesetzte Augen der Insekten. S. 85.

Erklärung der zootomischen Abbildungen. S. 88.

D r u c k f e h l e r.

- | | | | | |
|----|-----|----|-----|--|
| S. | 8. | Z. | 23. | Statt $OQ = PQ + OQ$ lese man $OQ = PQ + OP$. |
| „ | 9. | „ | 18. | In der Formel für N. Statt $(fn - (n-1)(b+A))II$ lese man $((fn - (n-1)(b+A))II$. |
| „ | 13. | „ | 25. | Nach den Worten „Der Winkel MIC steigt und fällt“ setze man hinzu: bei einerlei Entfernung AC. |
| „ | 16. | „ | 17. | Statt EFK lese man EFk. |
| „ | 17. | „ | 20. | „ AB „ „ Ap. |
| „ | 18. | „ | 10. | „ tq „ „ lq. |
| „ | 19. | „ | 32. | „ nt „ „ at. |
| „ | 39. | „ | 33. | „ „wenn sie auch in einander fallen“ l. m. wenn sie auch nicht in einander fallen. |
| „ | 40. | „ | 22. | „ „größern Winkel MAC“ l. m. kleinern Winkel MAC. |
| „ | 46. | „ | 19. | „ „bei diesen Ausnahmen“ l. m. bei den Ausnahmen. |
| „ | 60. | „ | 20. | „ „a sey = 1000 l. m. a sey = 10000. |
-

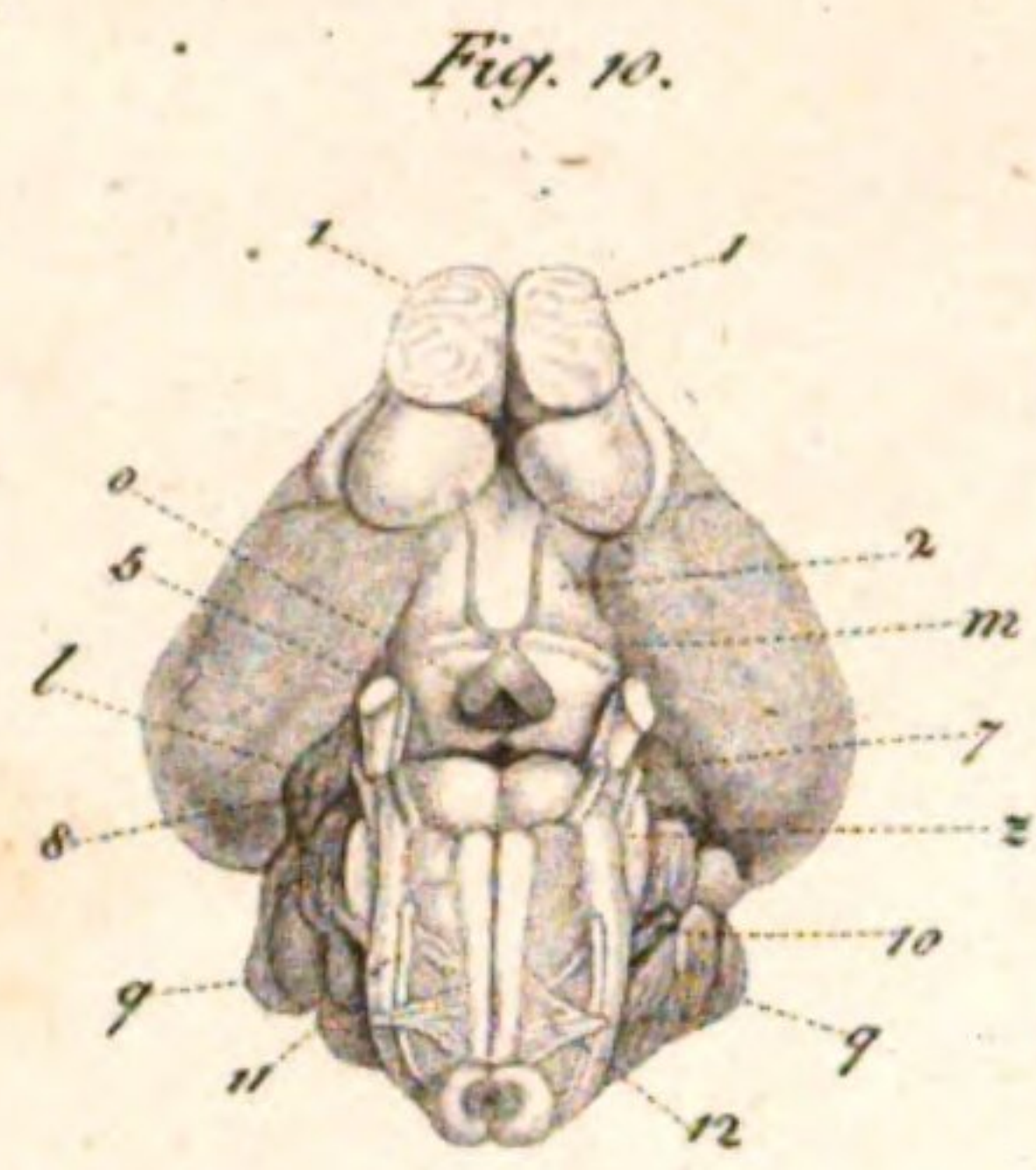
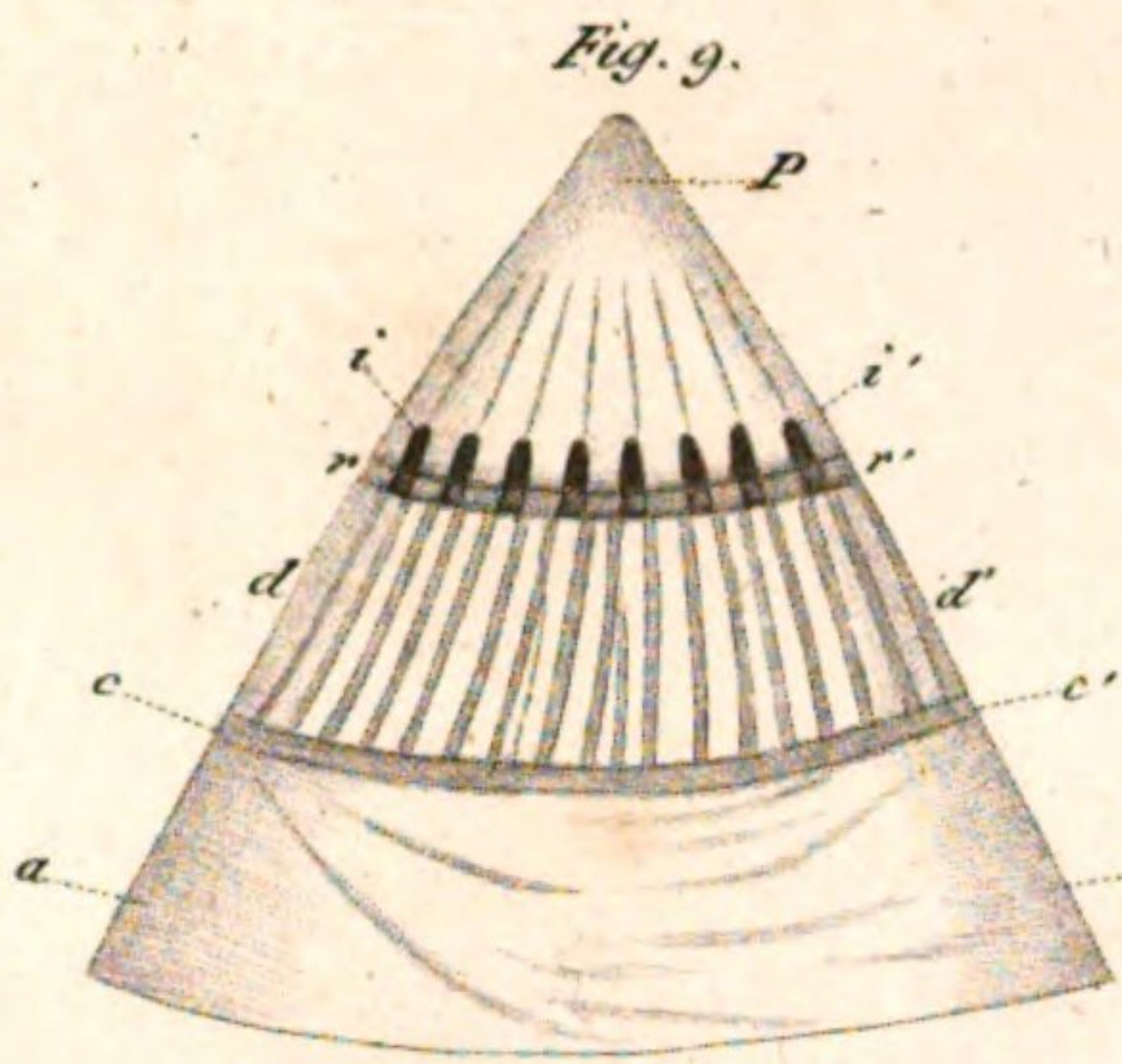
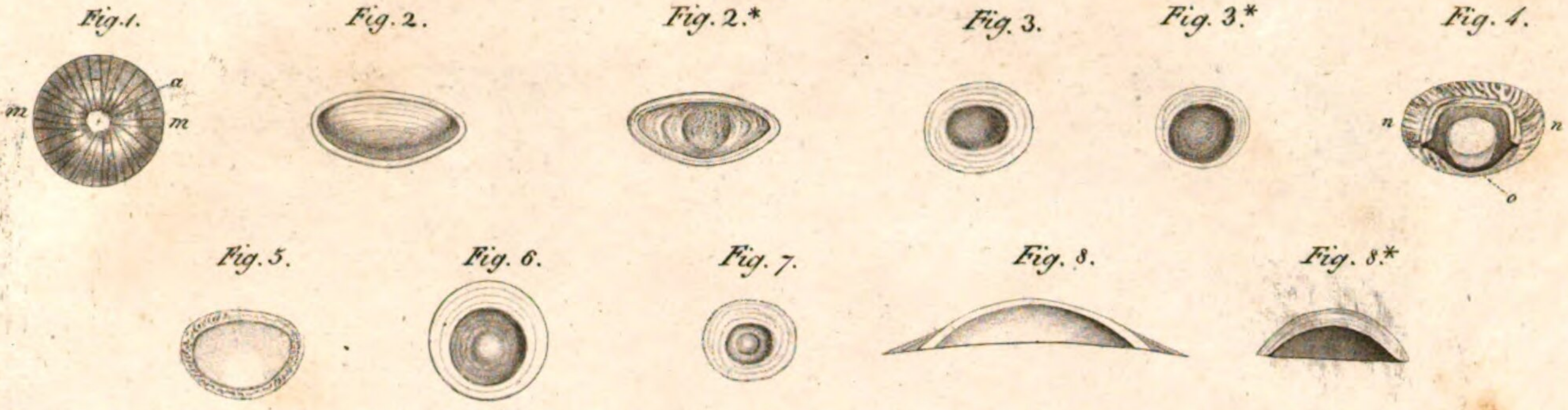
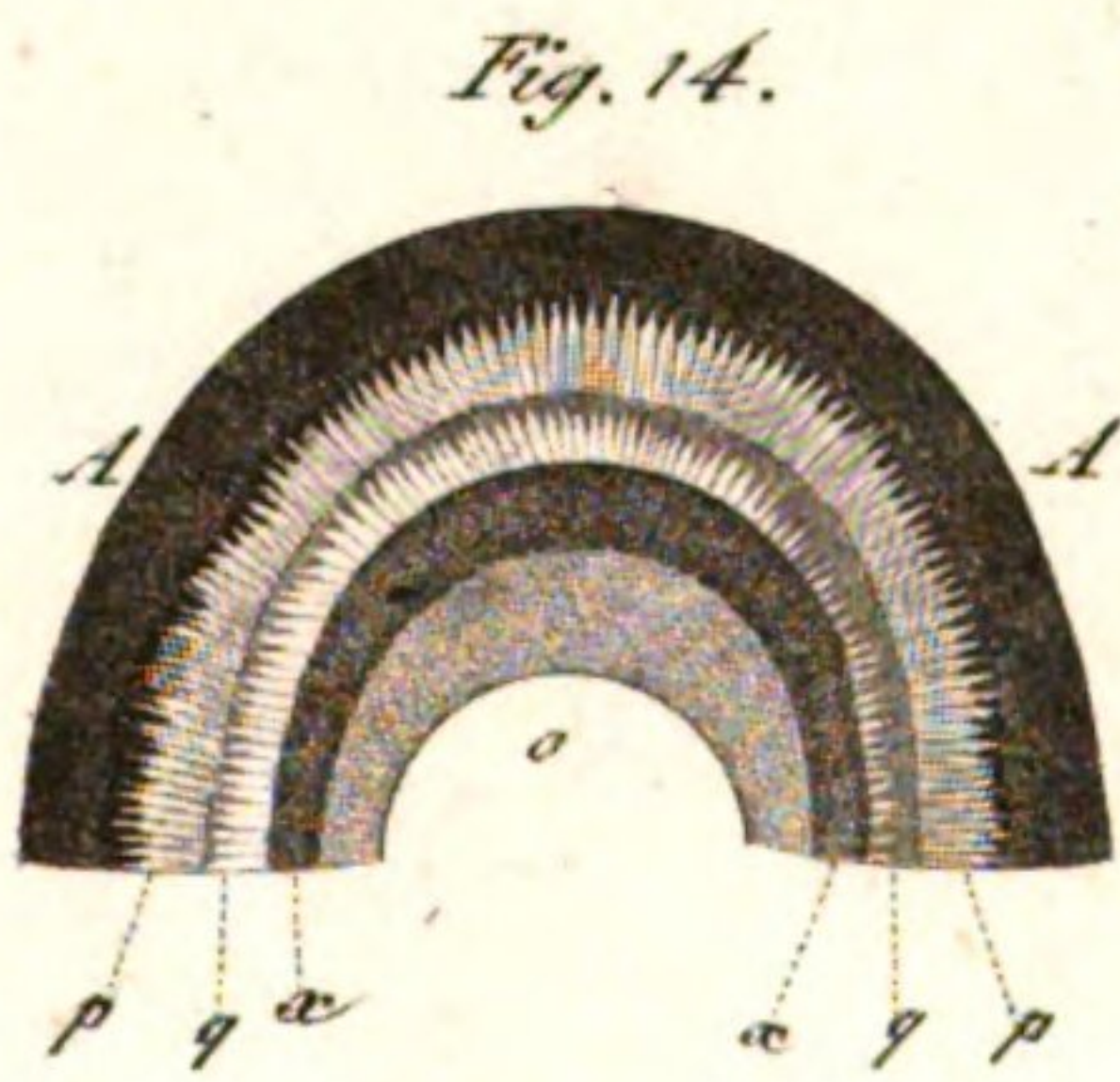
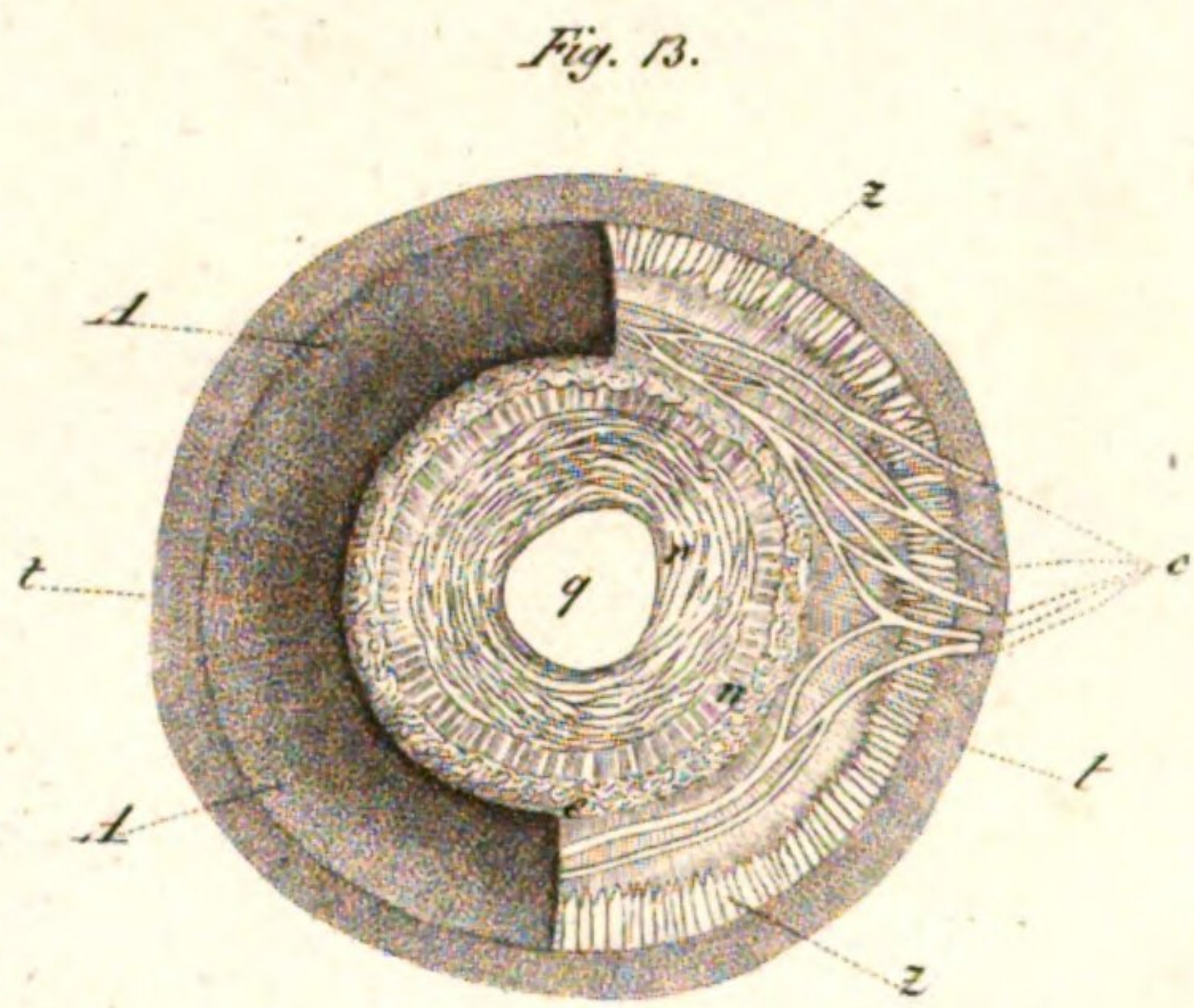
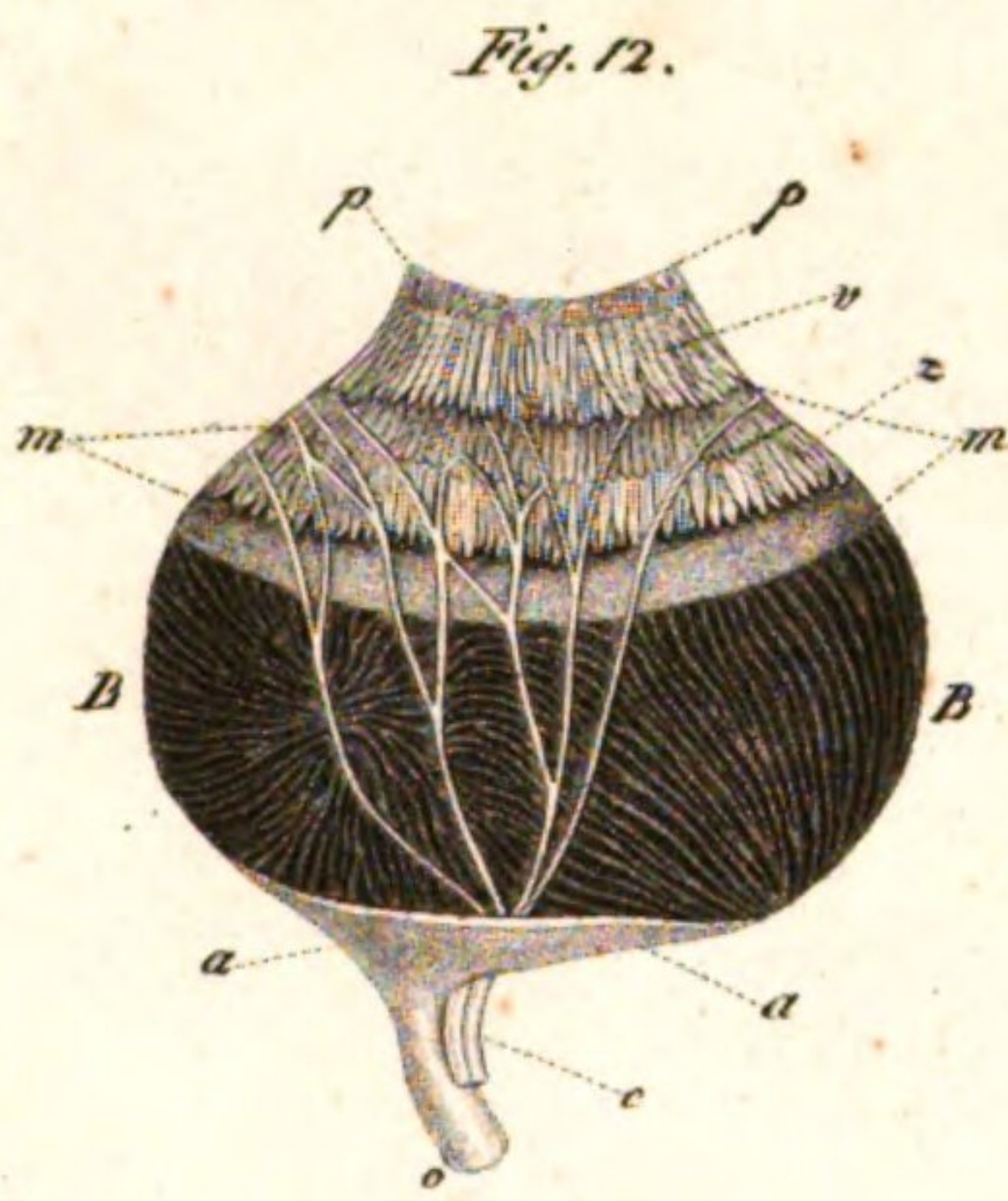
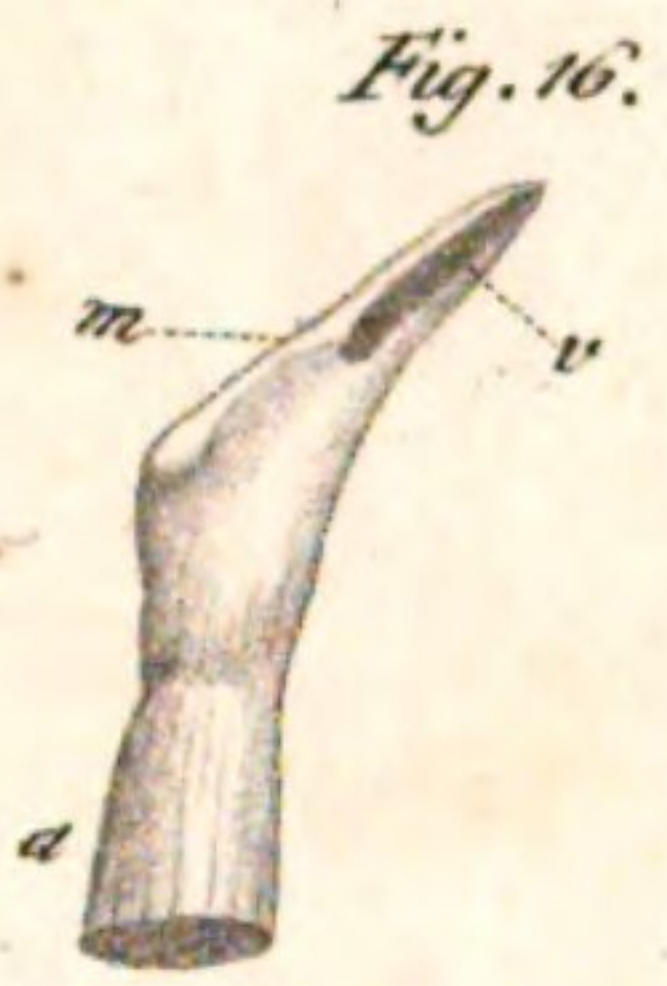
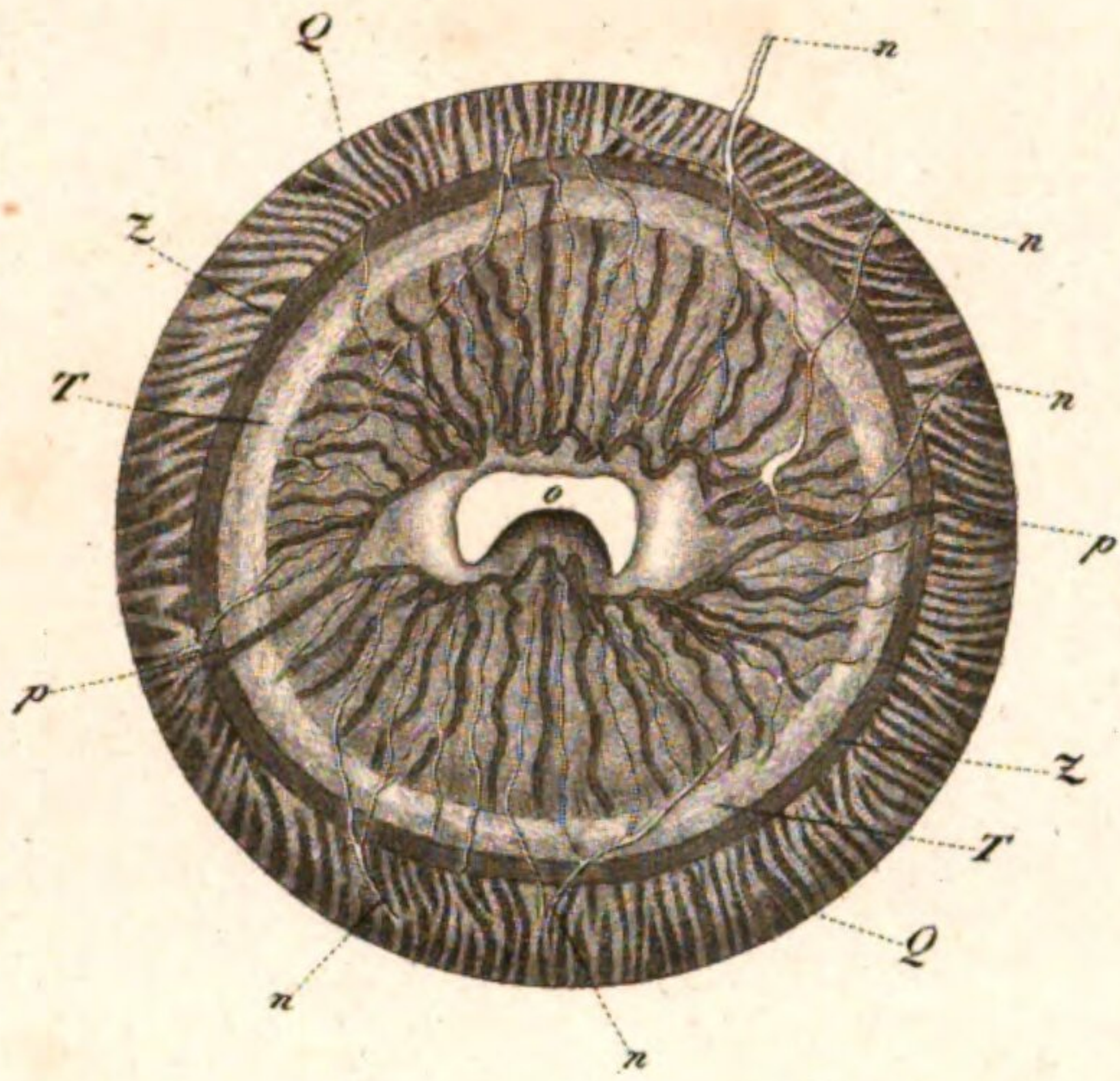


Fig. 10.*

Fig. 11.



G. R. Treviranus ad nat. del.

J. F. Schöler sc. Lipsiae.

Fig. 17.

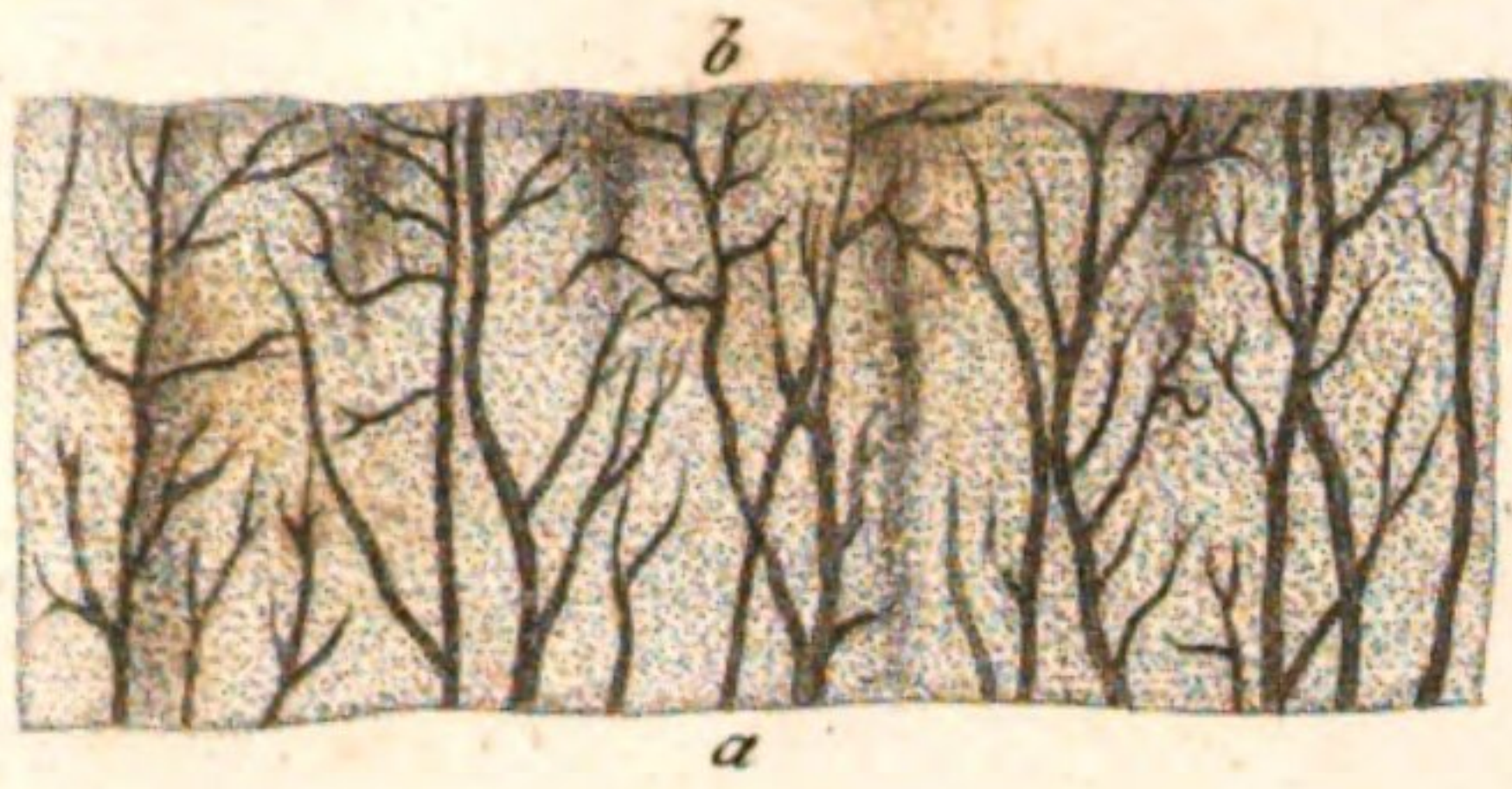


Fig. 19.

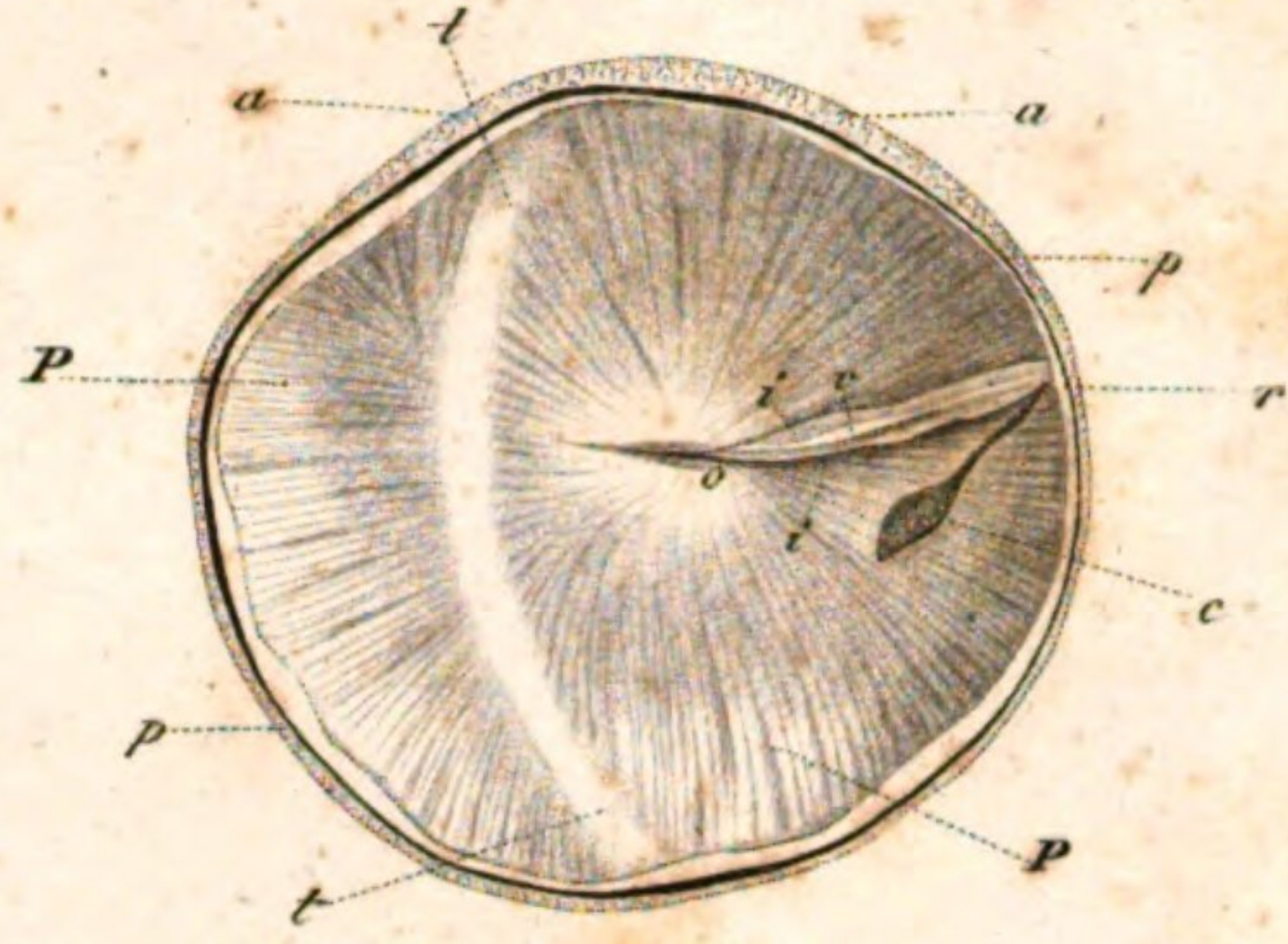


Fig. 18.

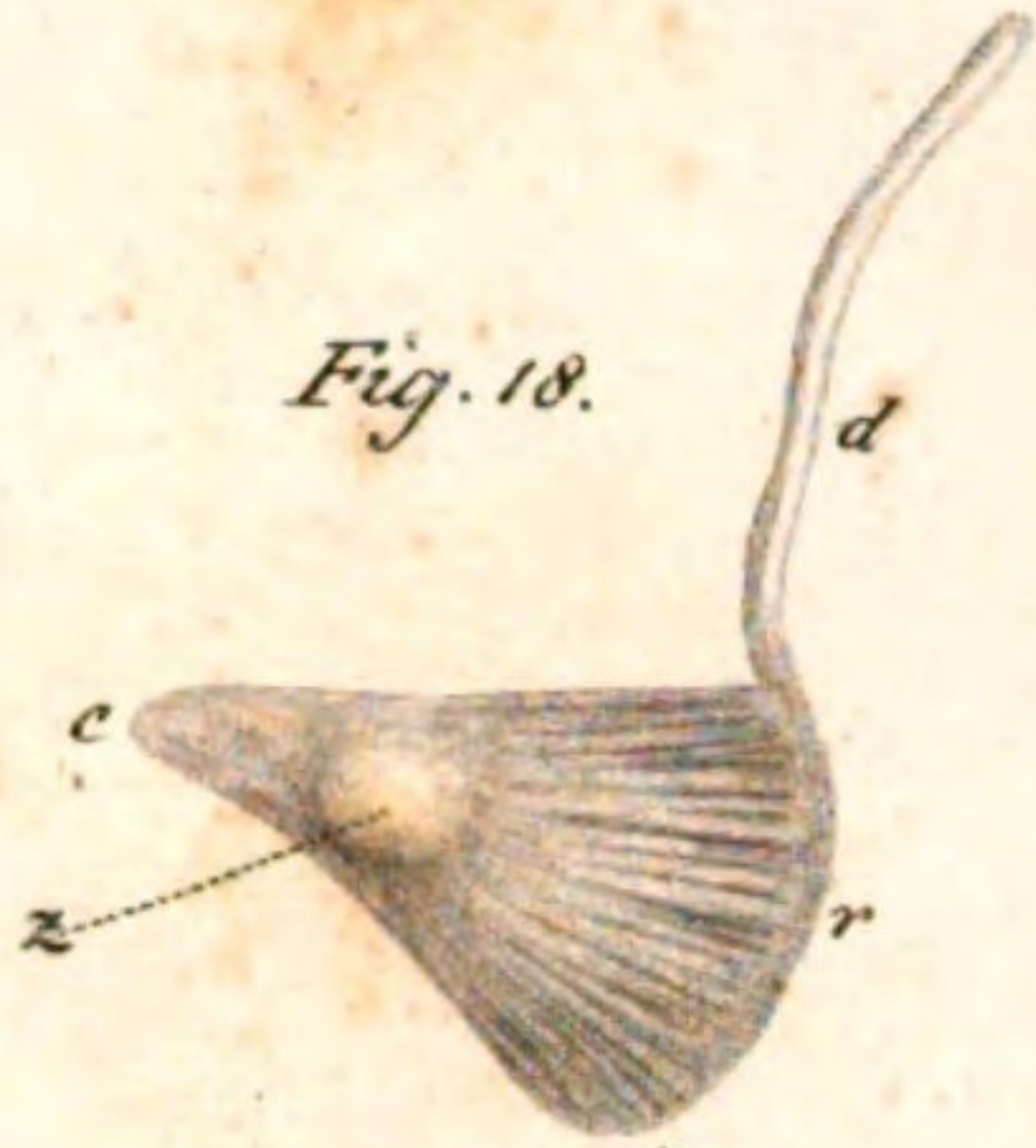


Fig. 20.



Fig. 21.

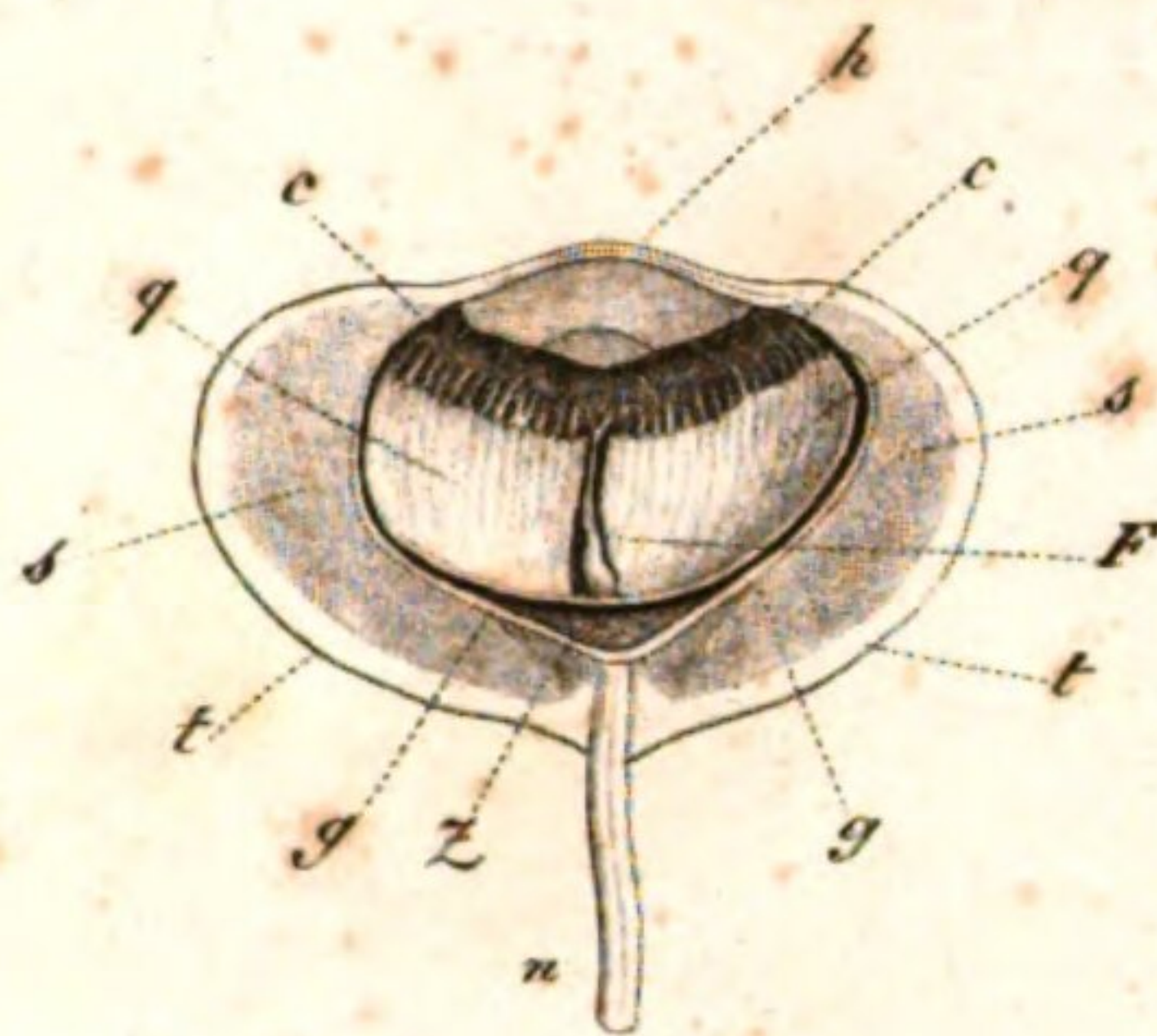


Fig. 22.

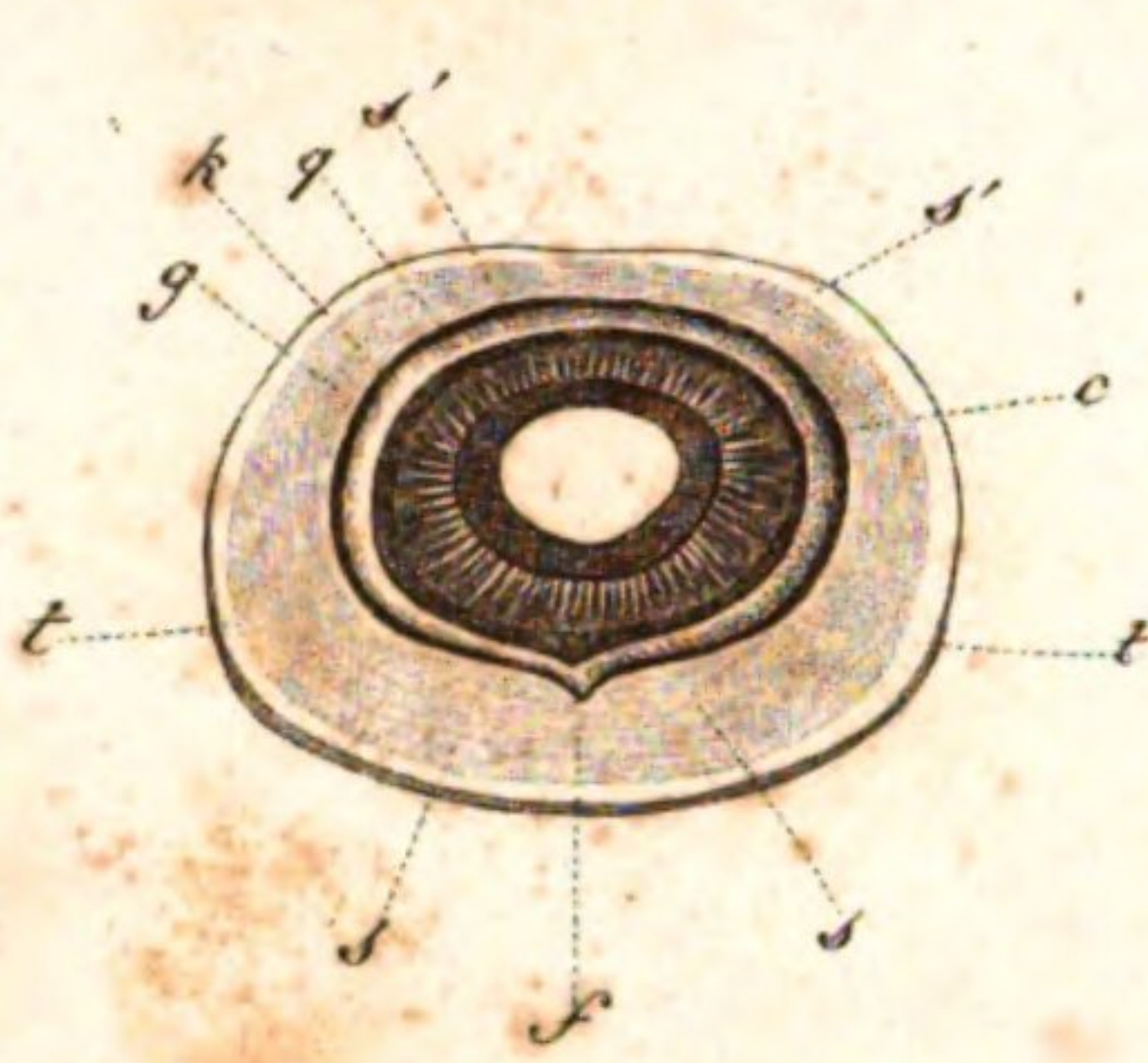


Fig. 23.

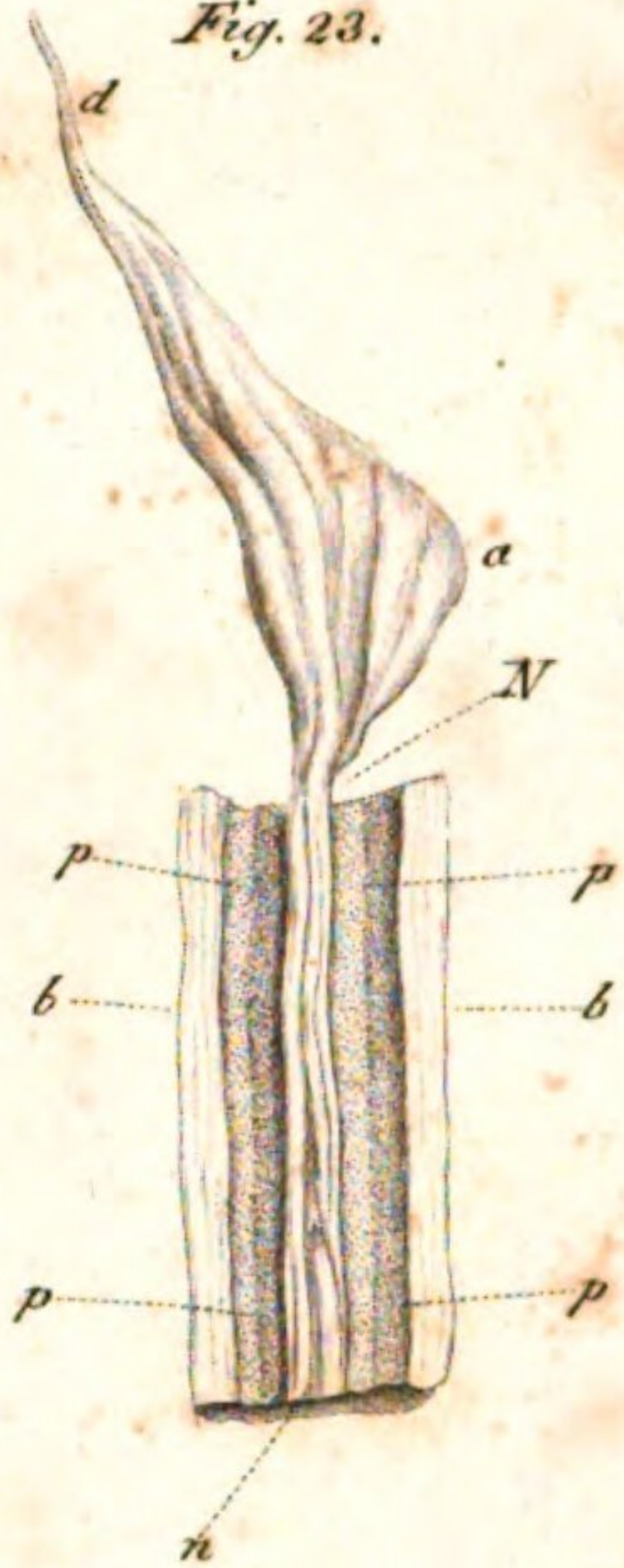


Fig. 25.



Fig. 26.



Fig. 28.



Fig. 31.

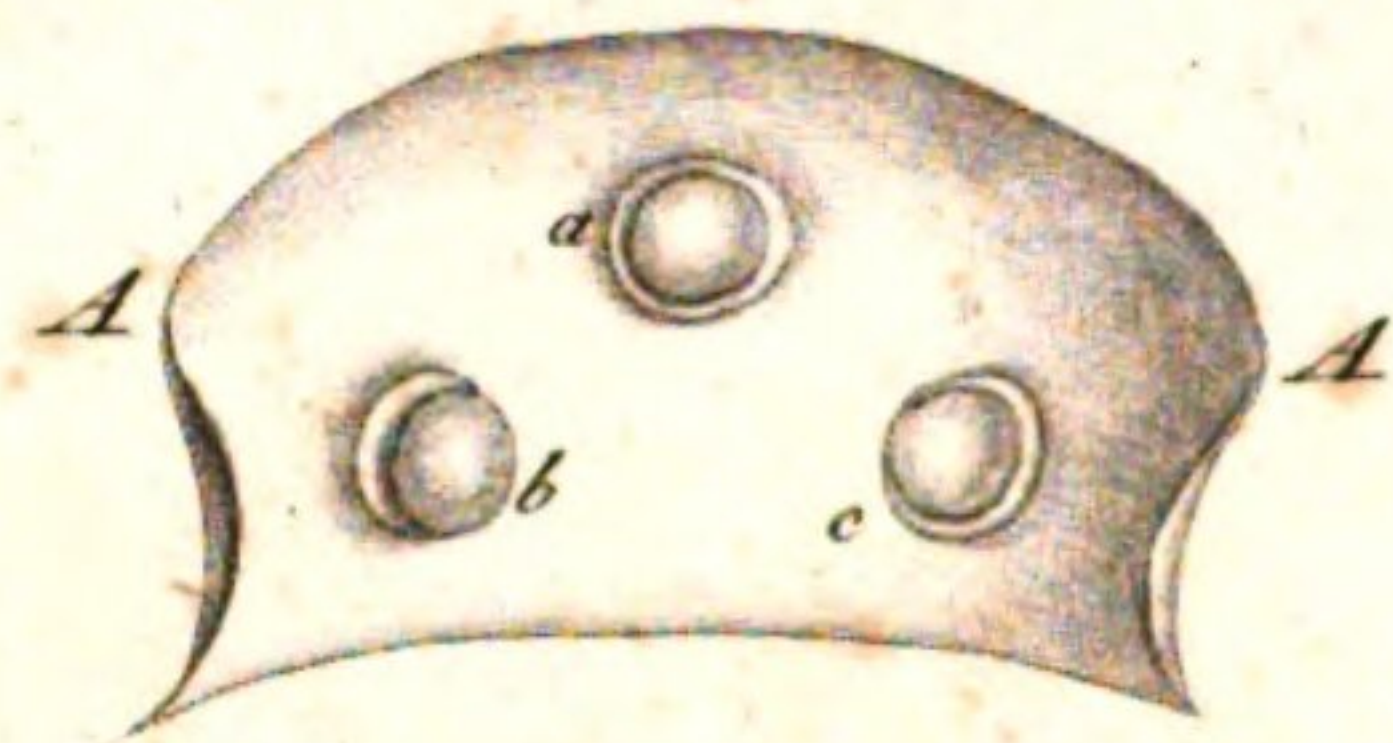


Fig. 29.

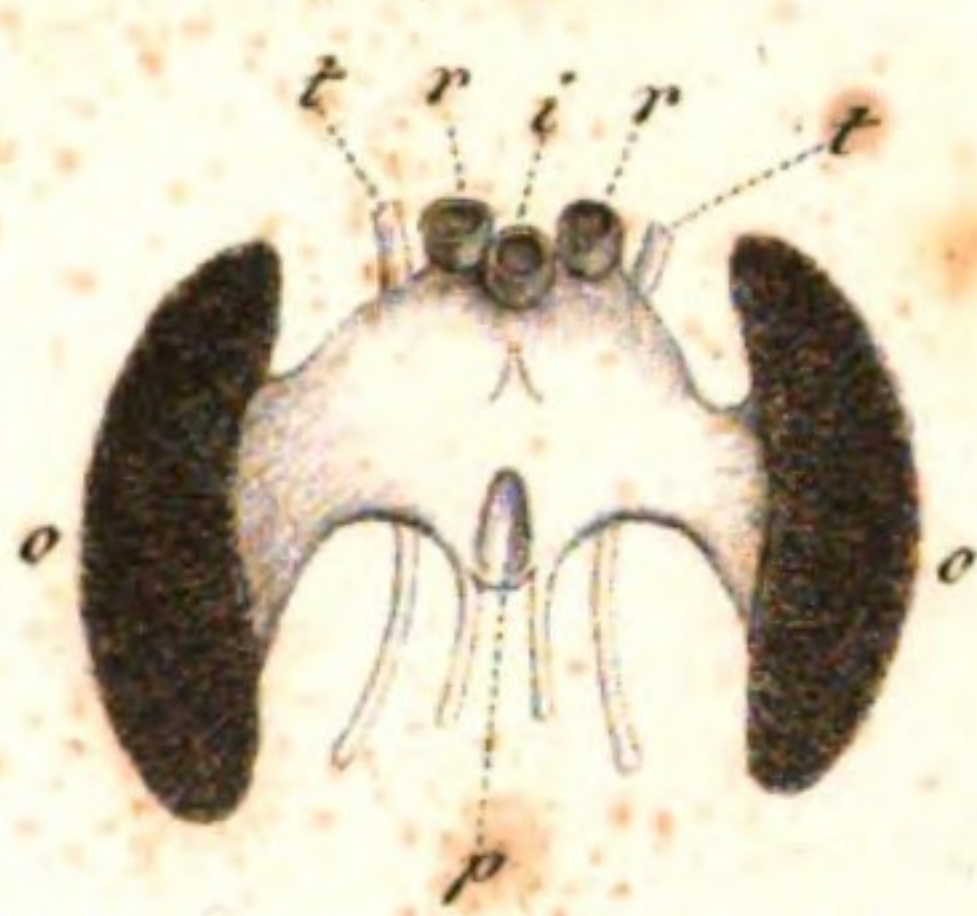


Fig. 30.



Fig. 33.

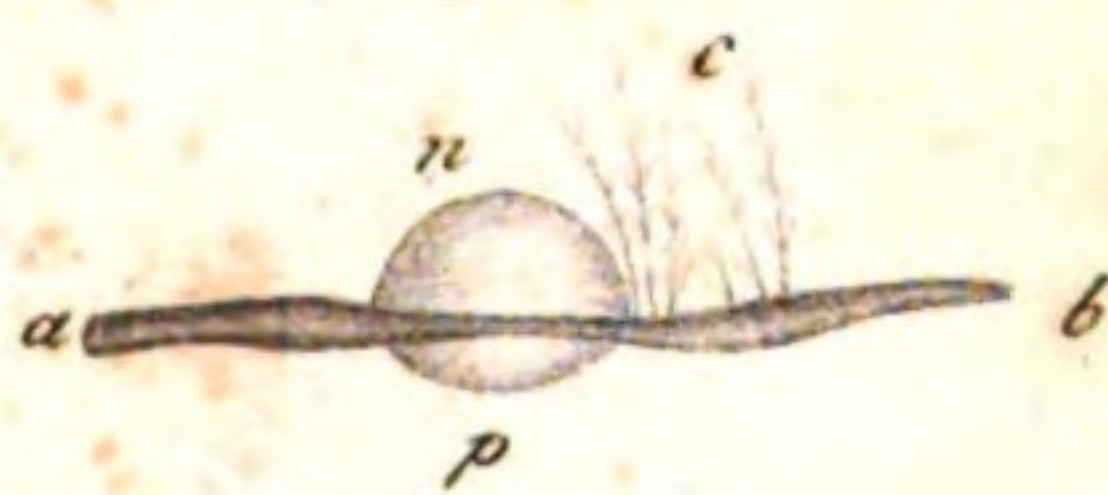


Fig. 24.

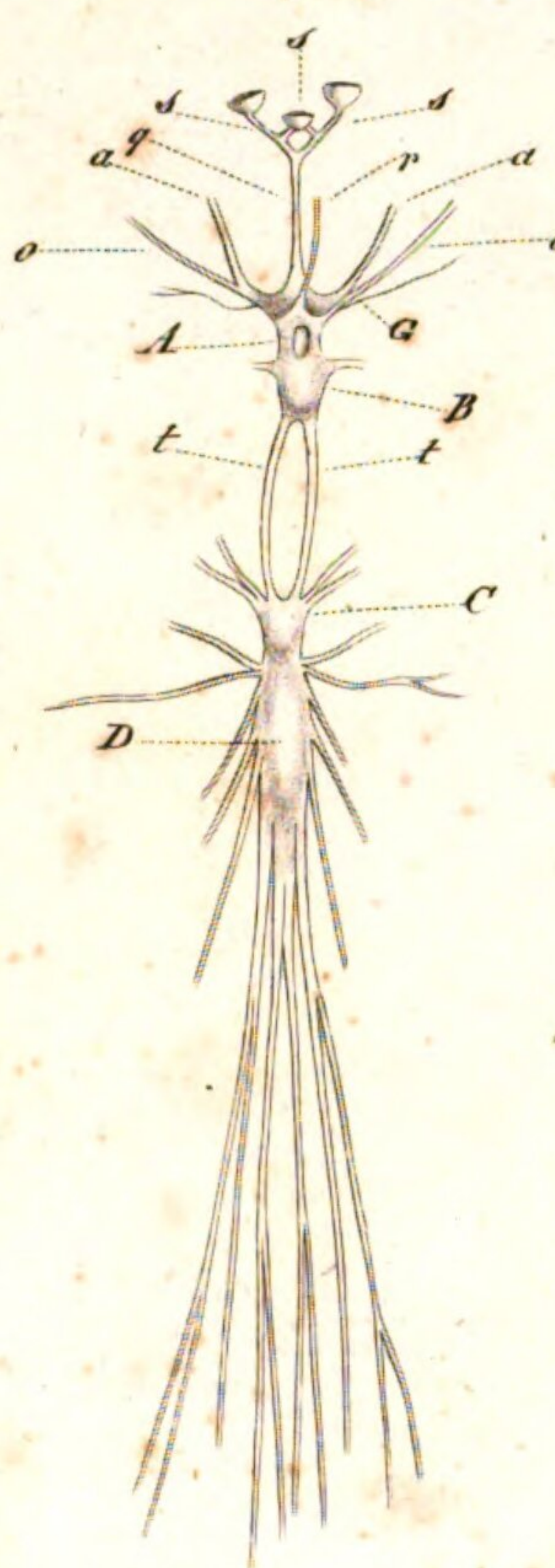


Fig. 27.



Fig. 32.

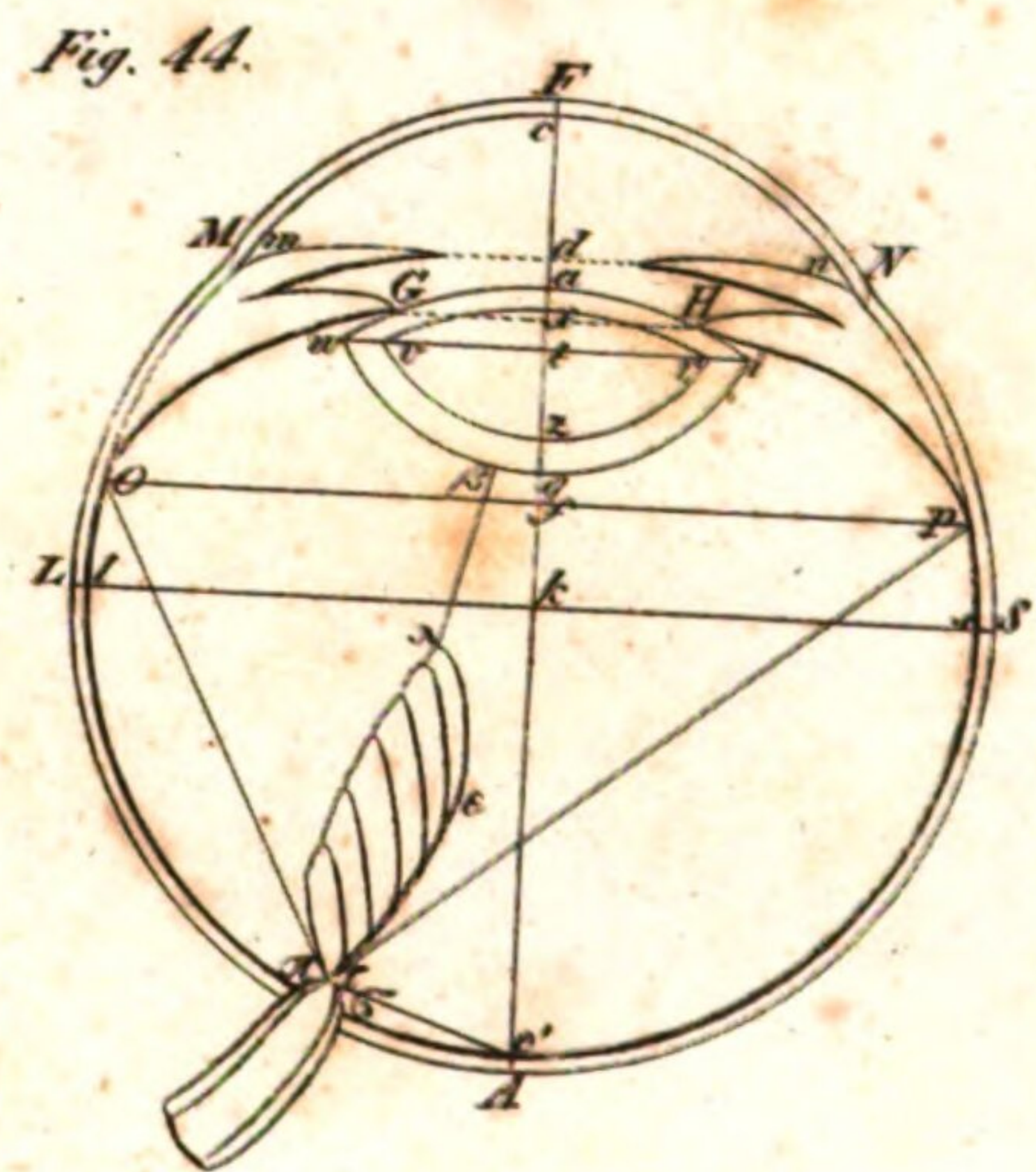
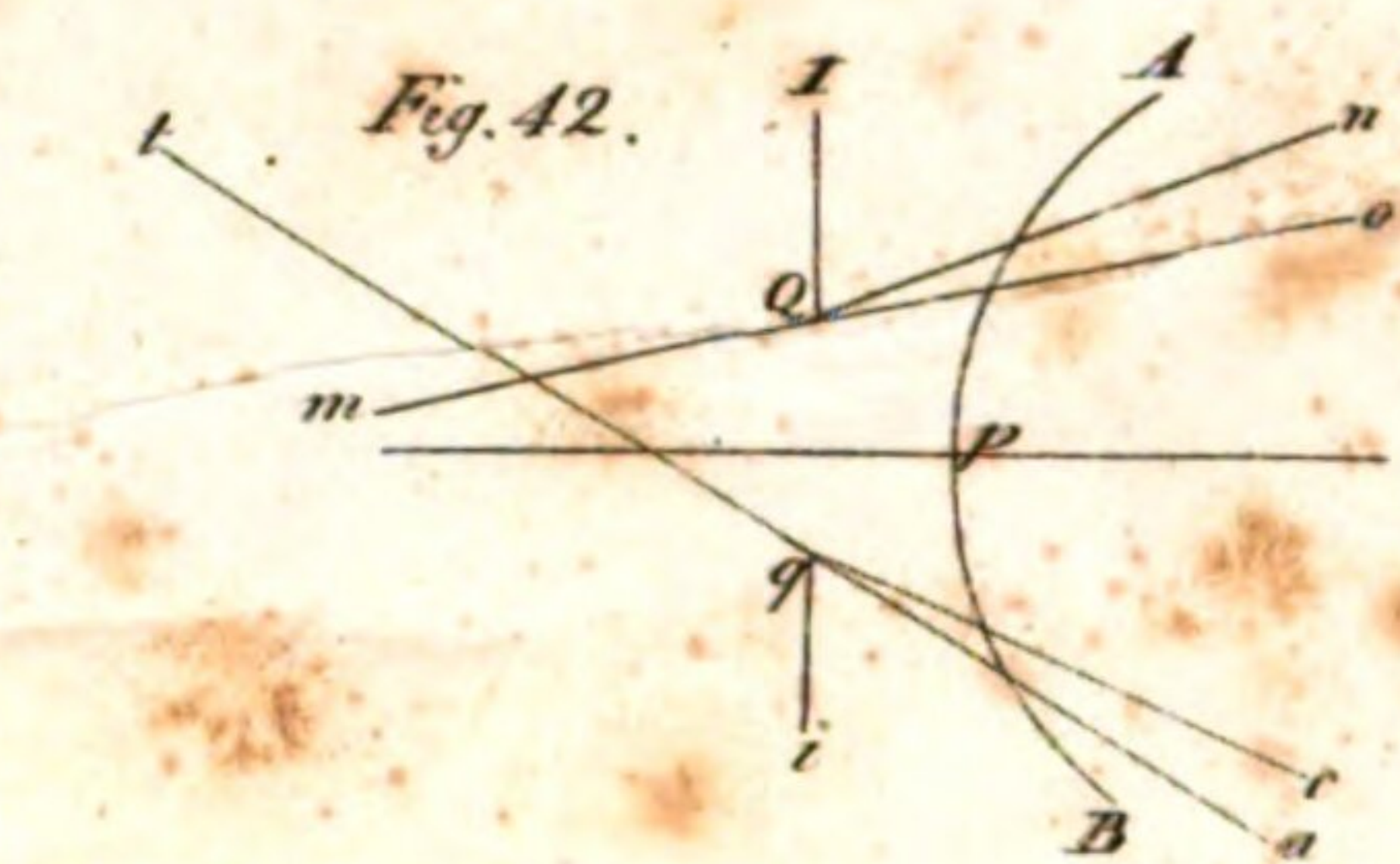
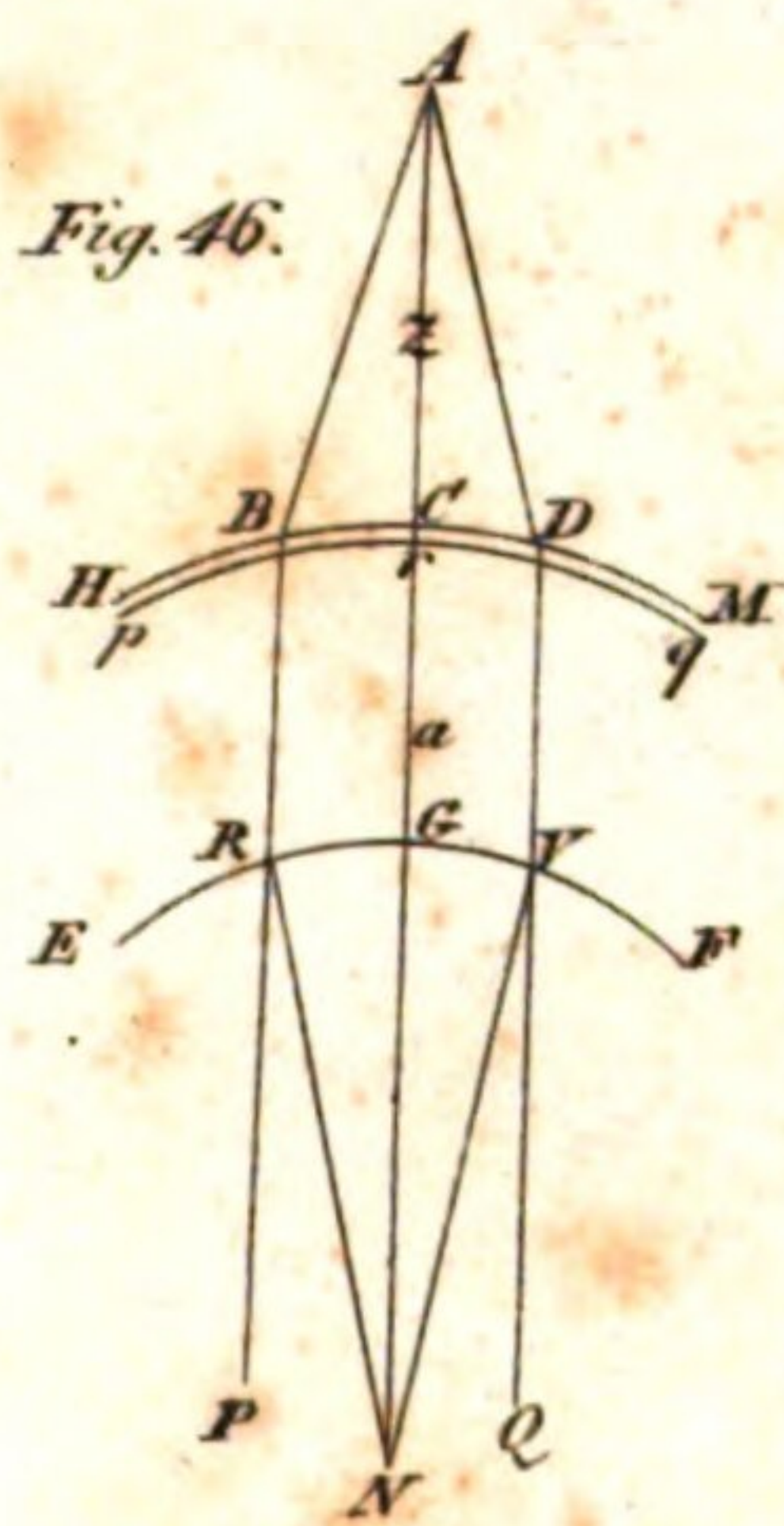
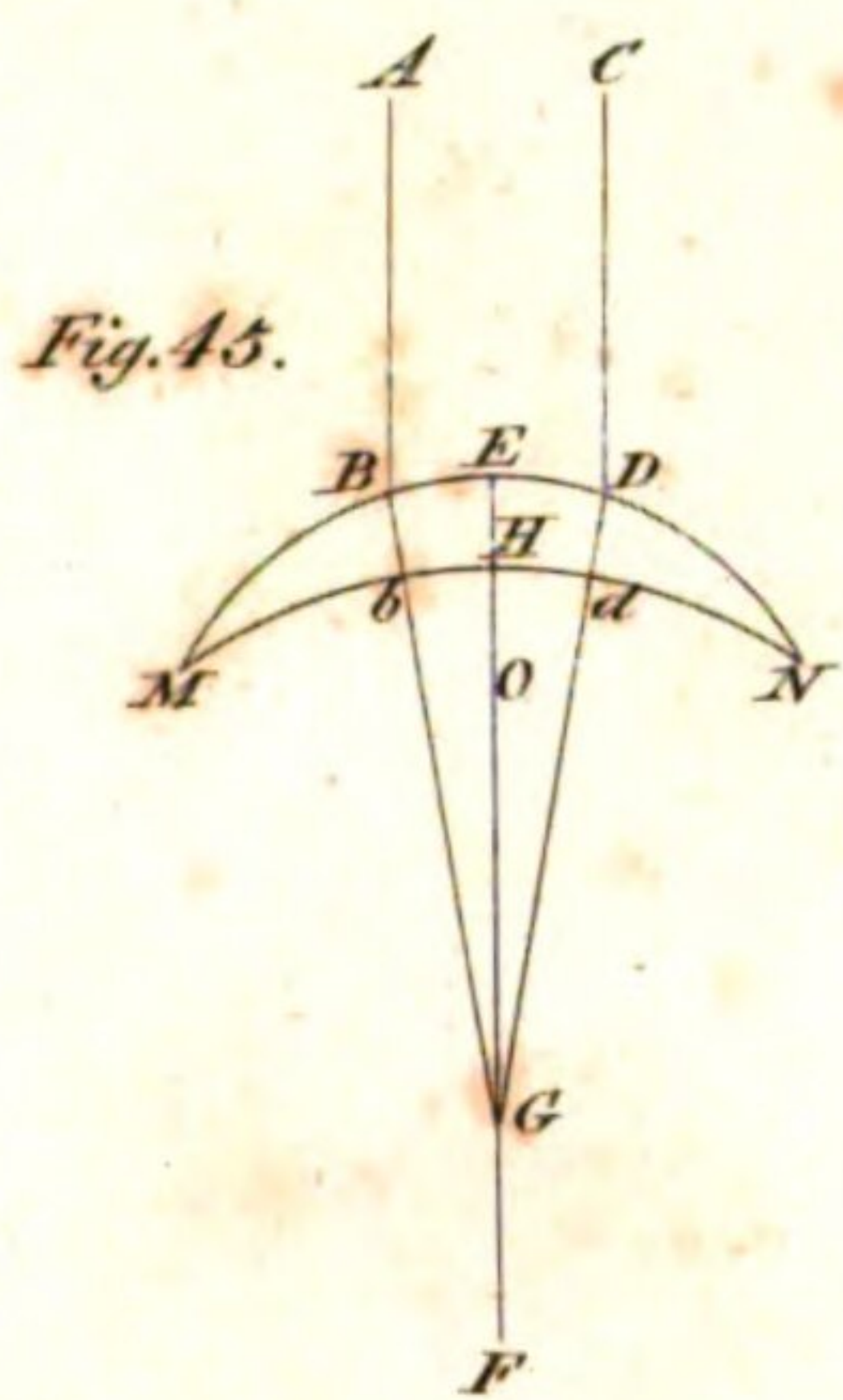
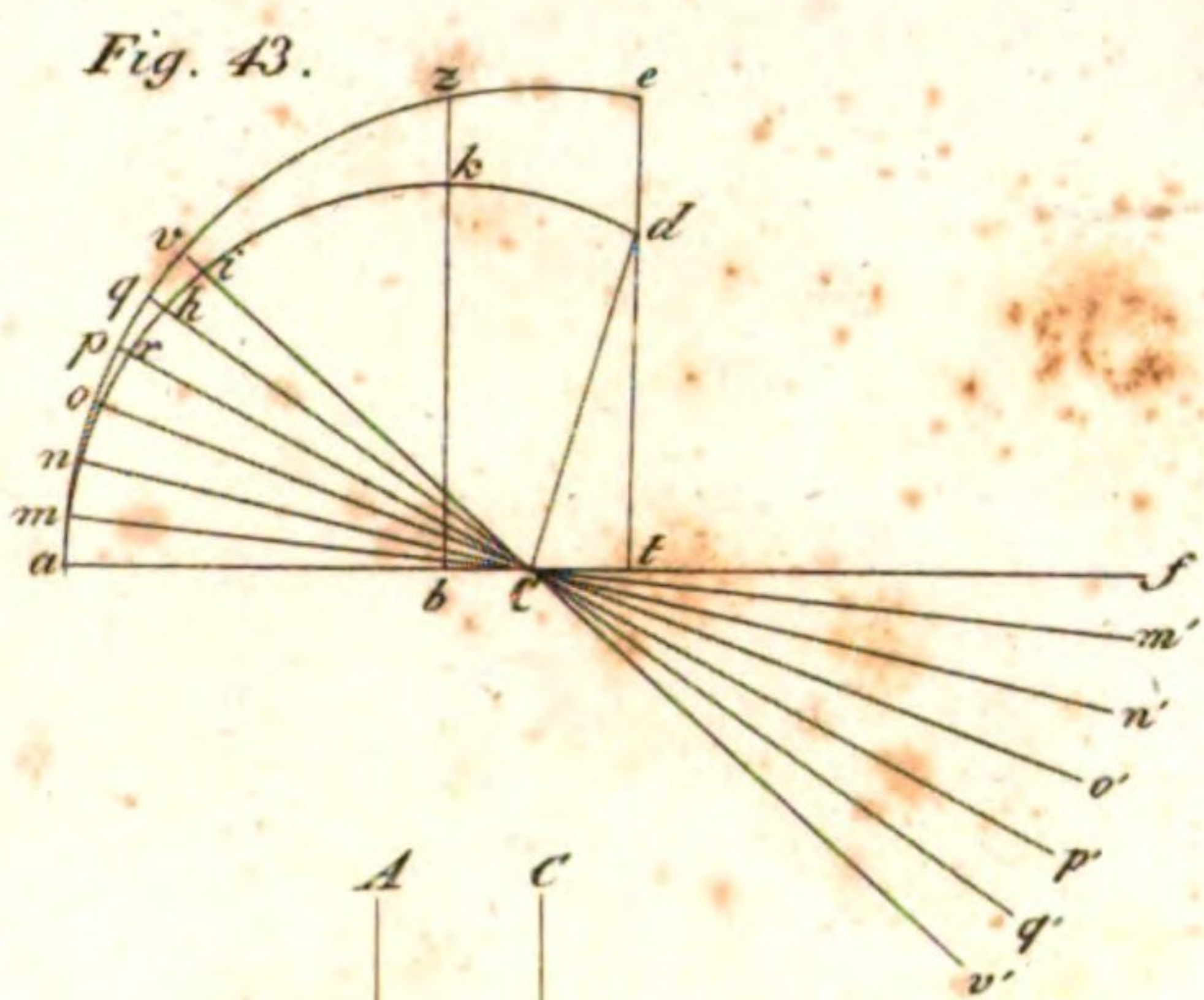
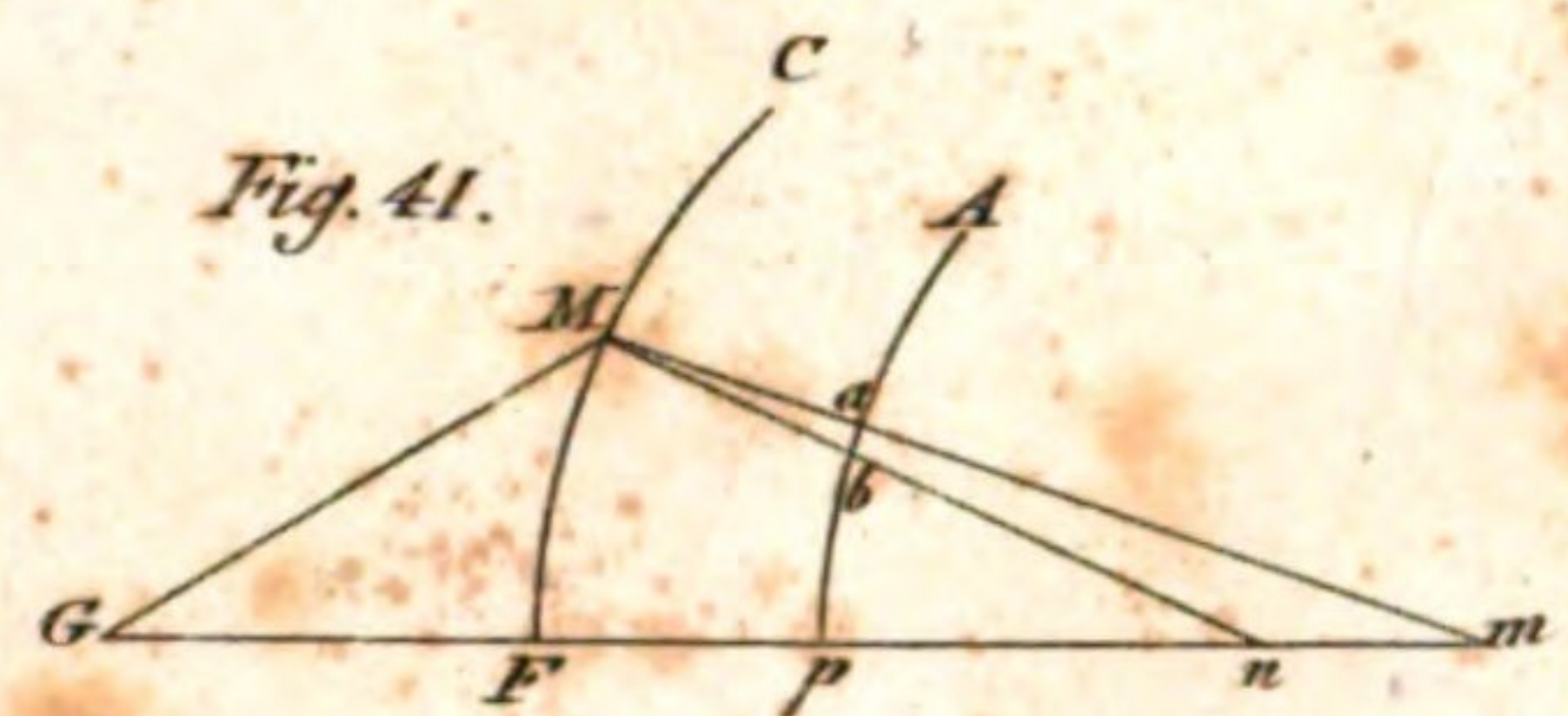
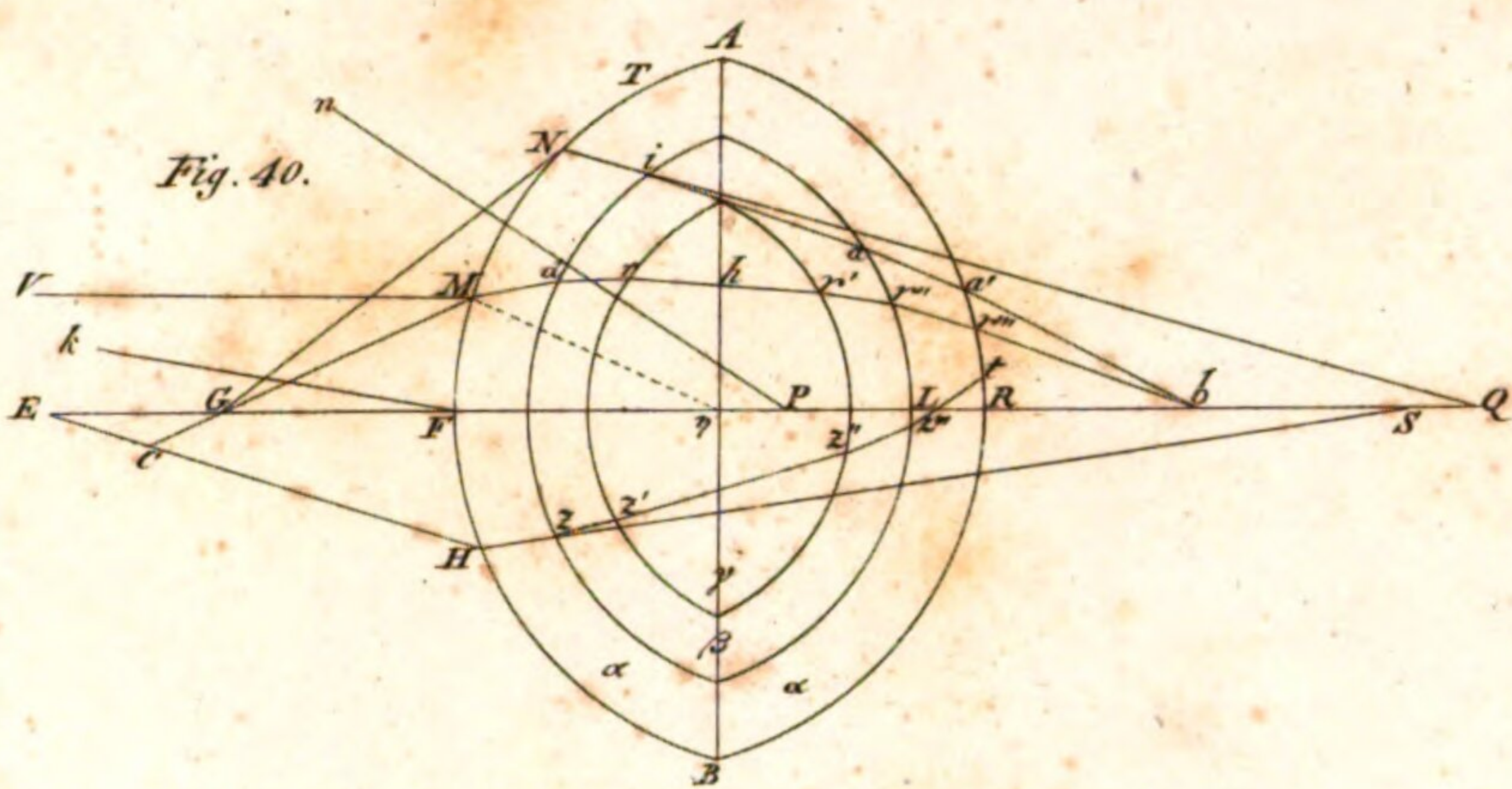
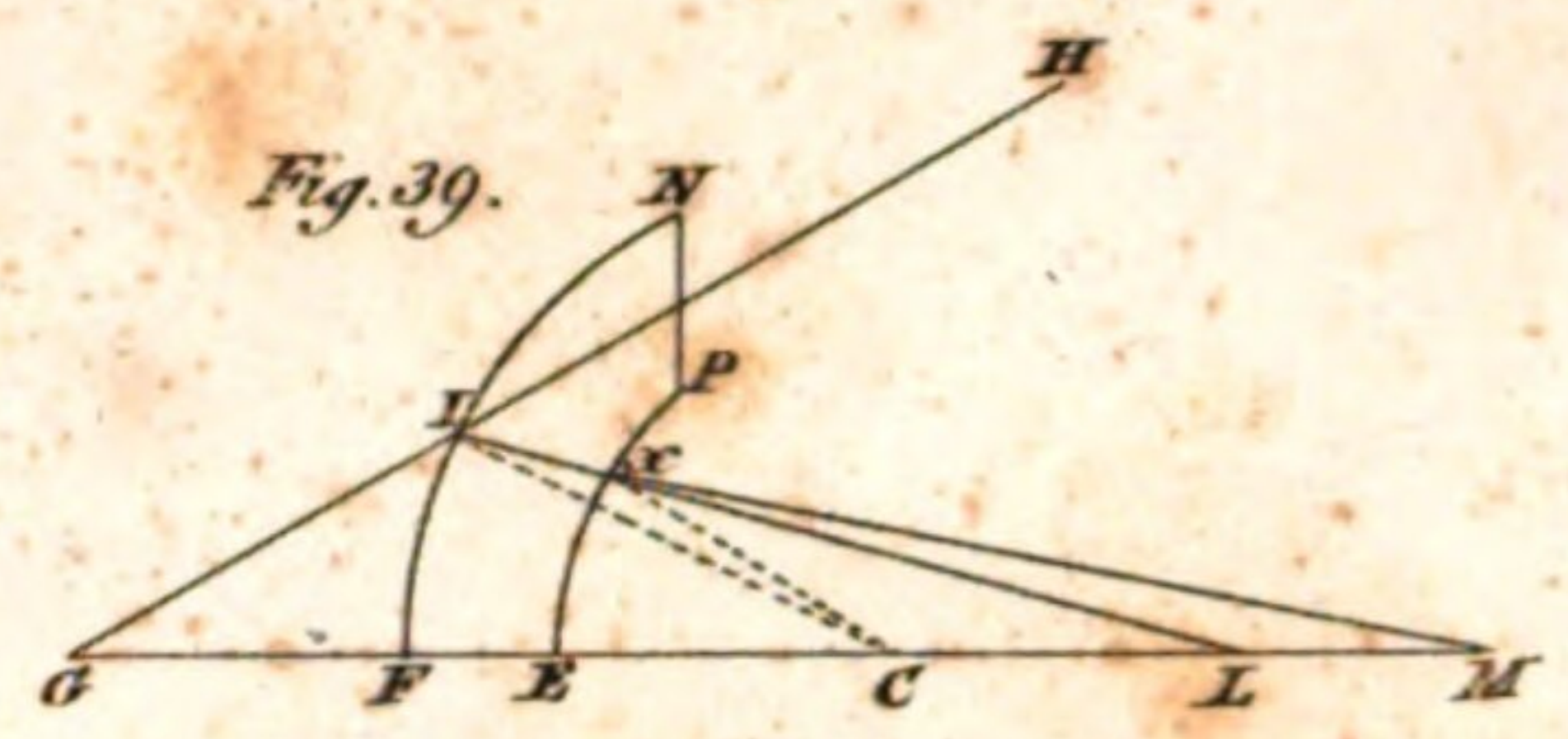
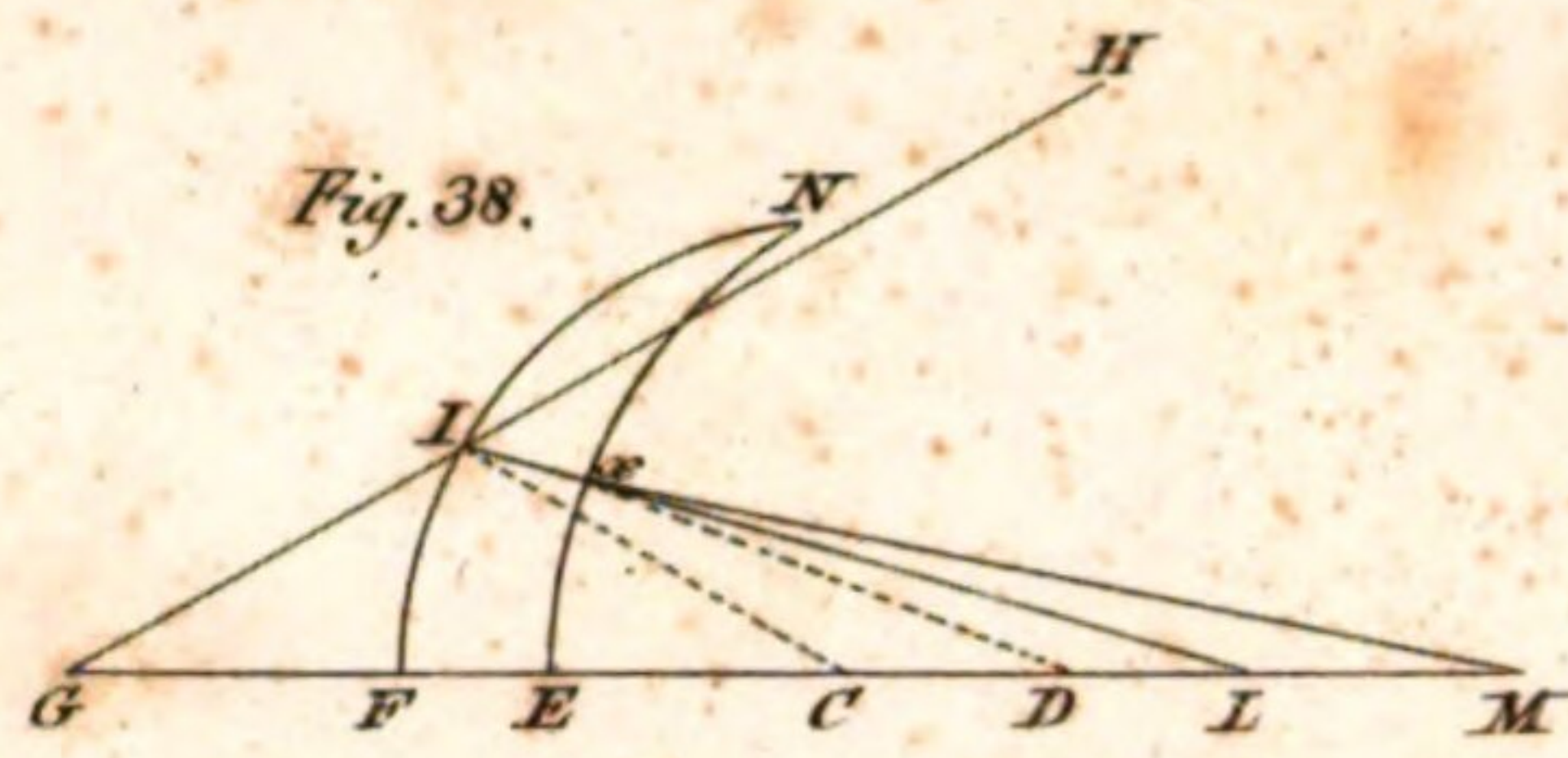
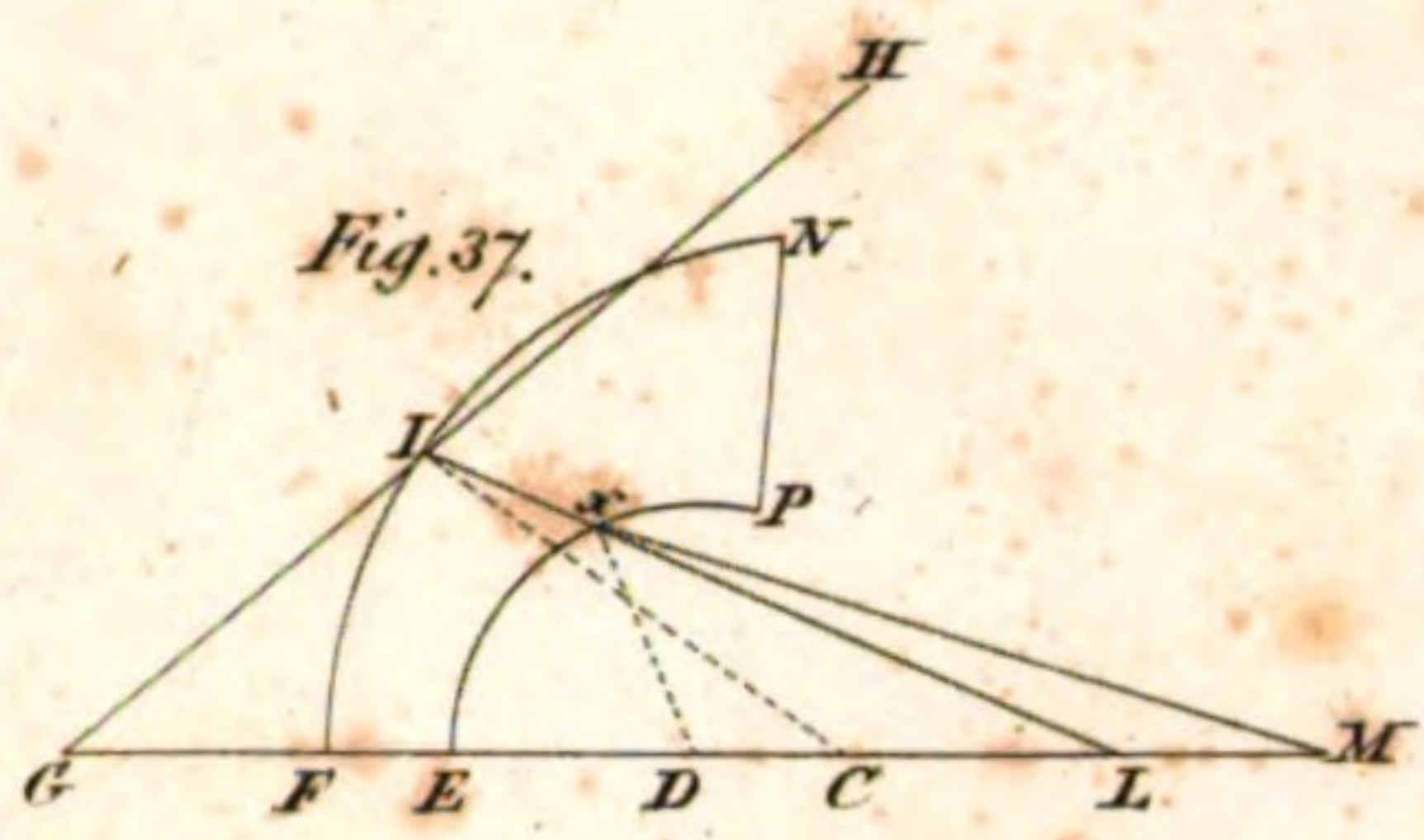
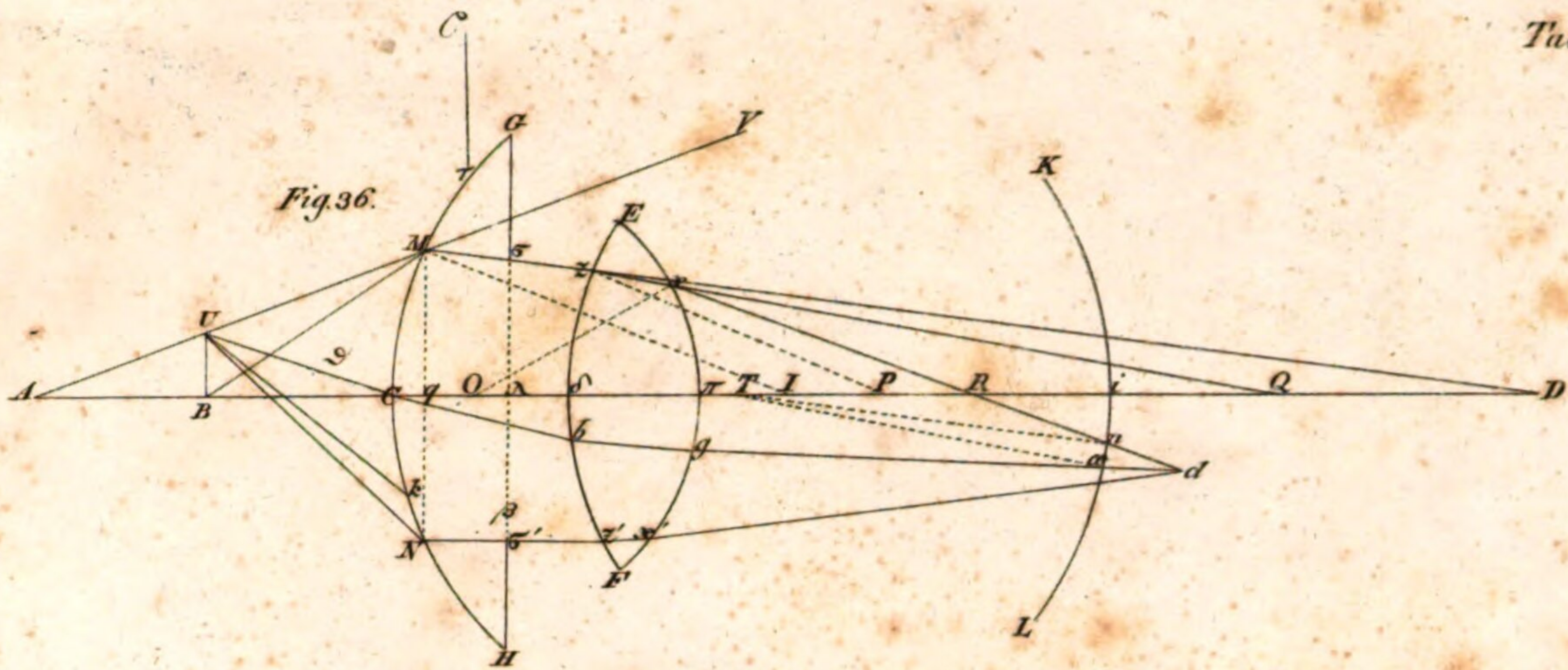


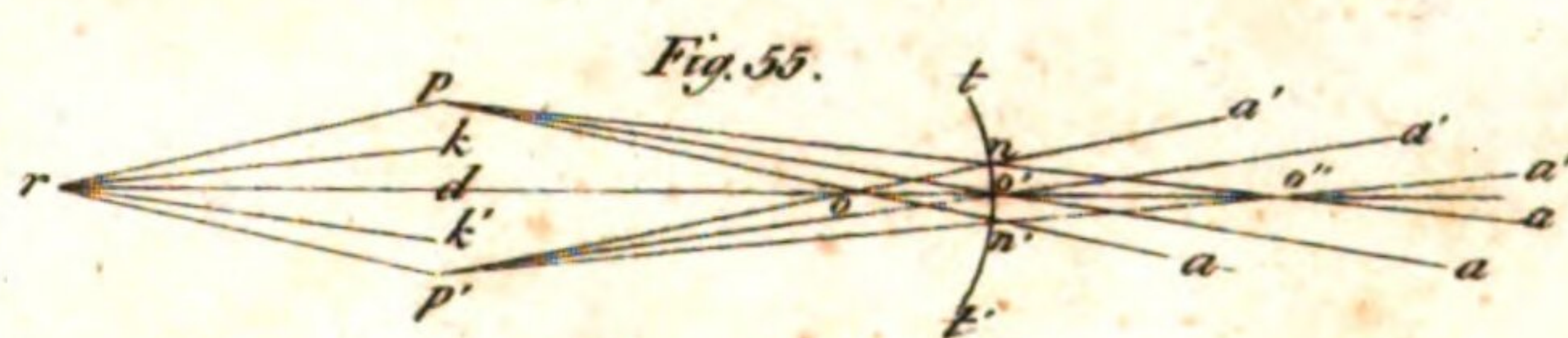
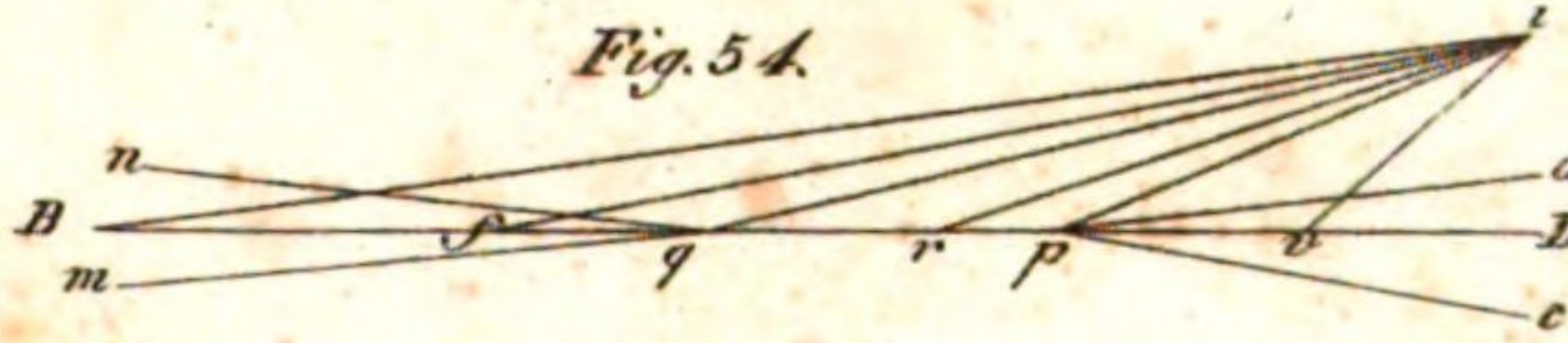
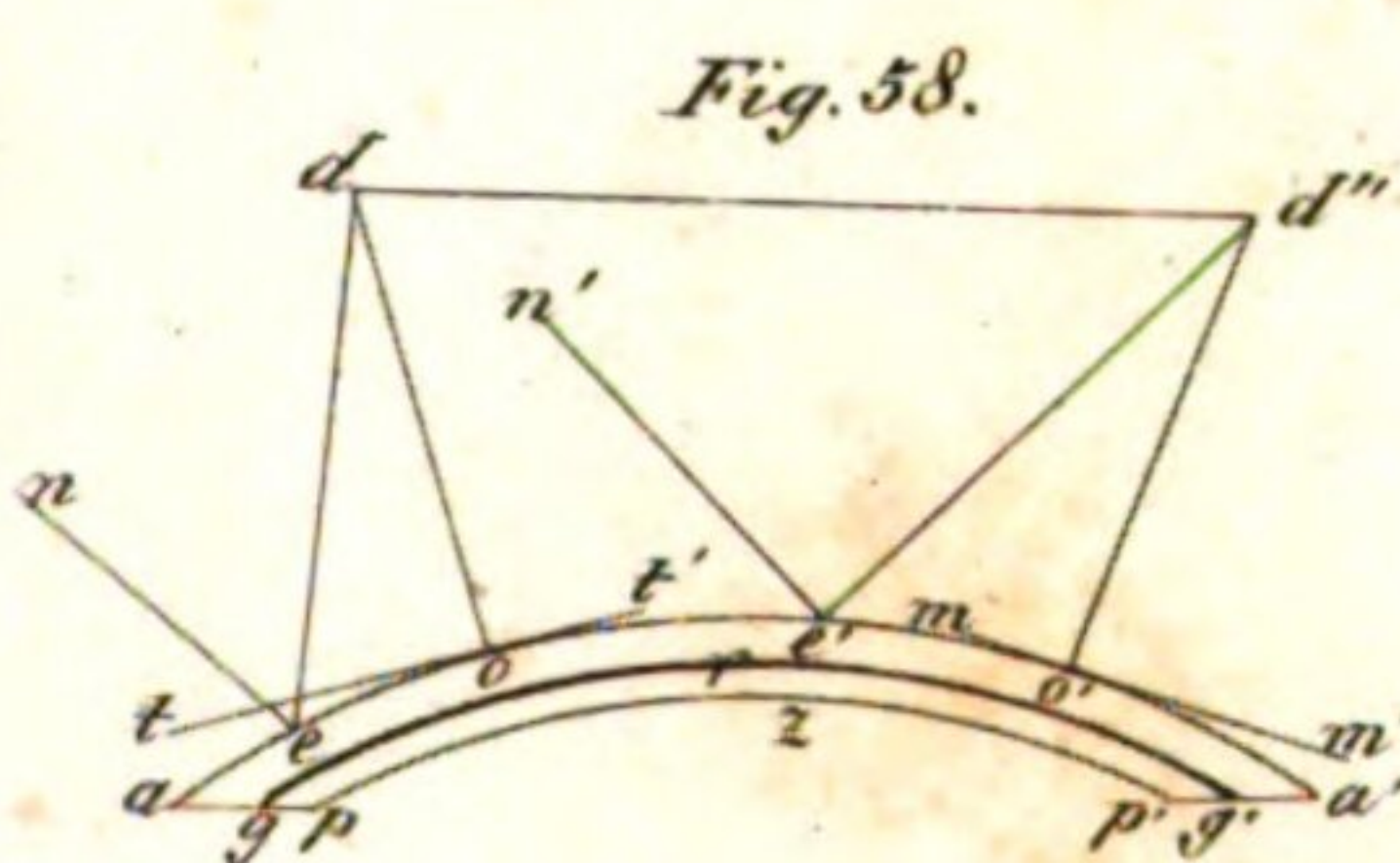
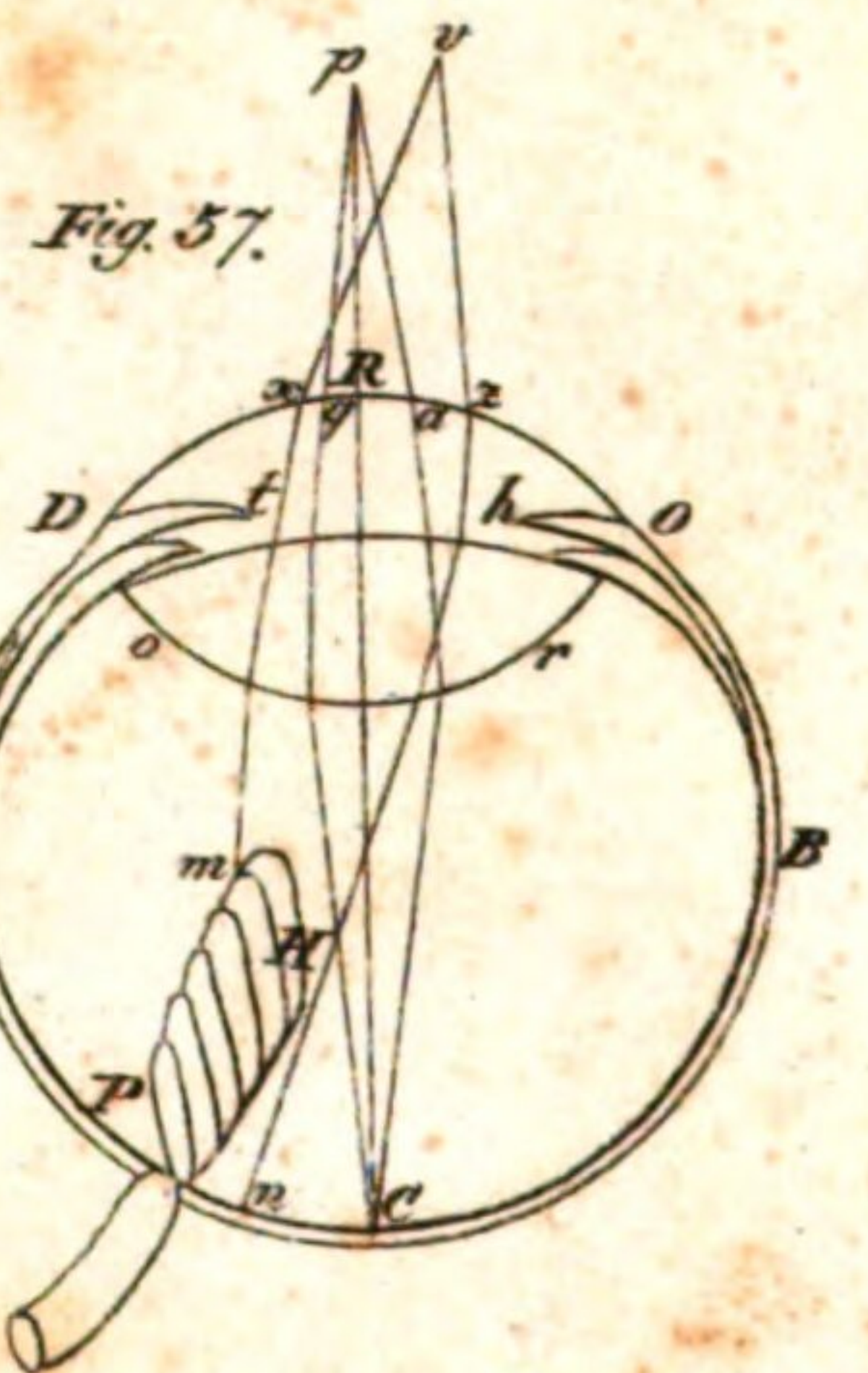
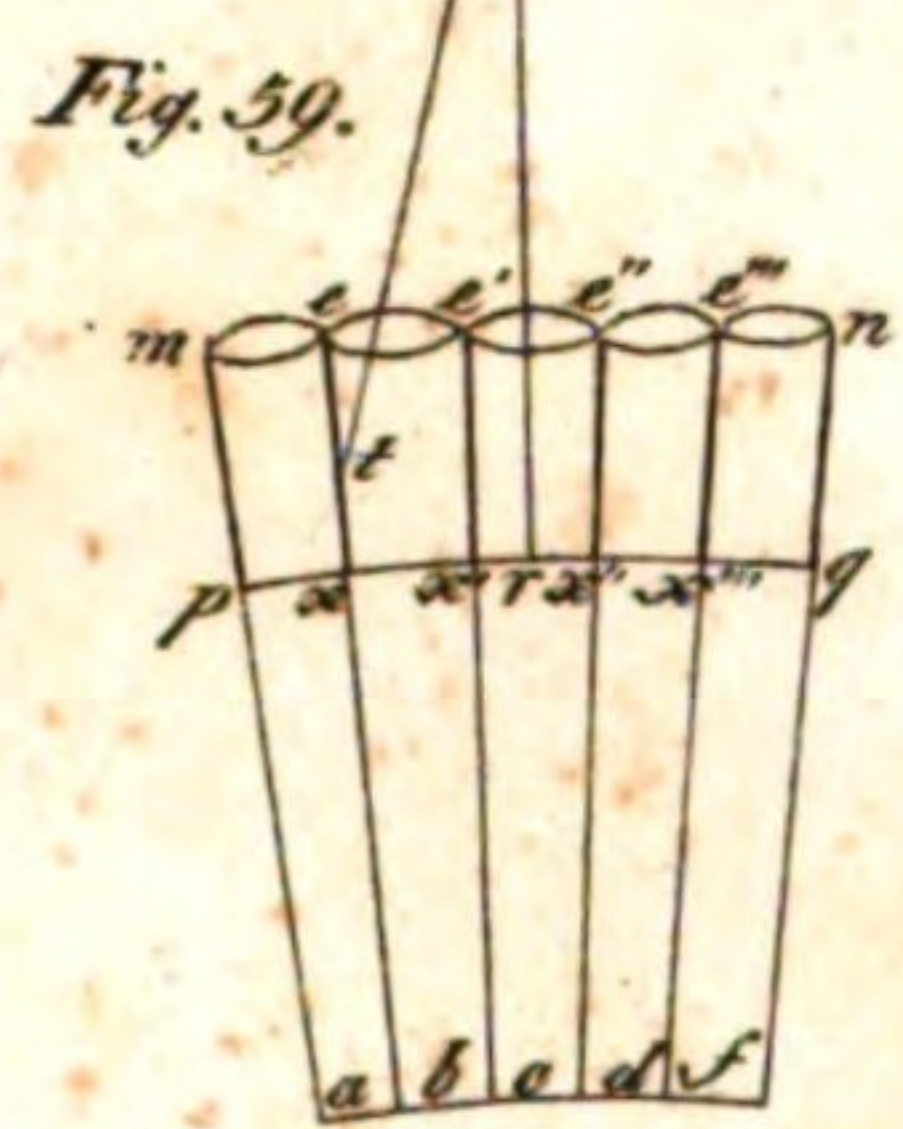
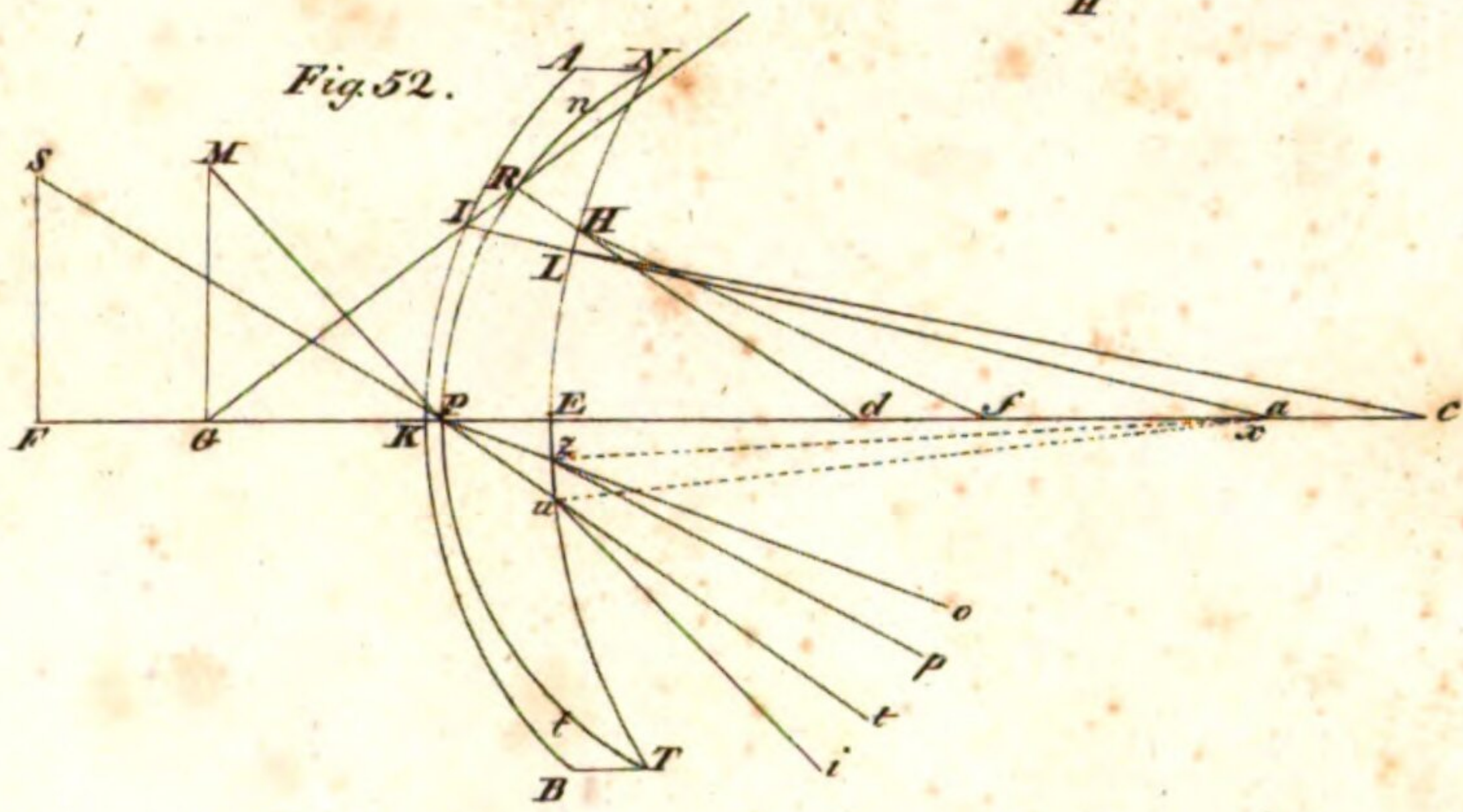
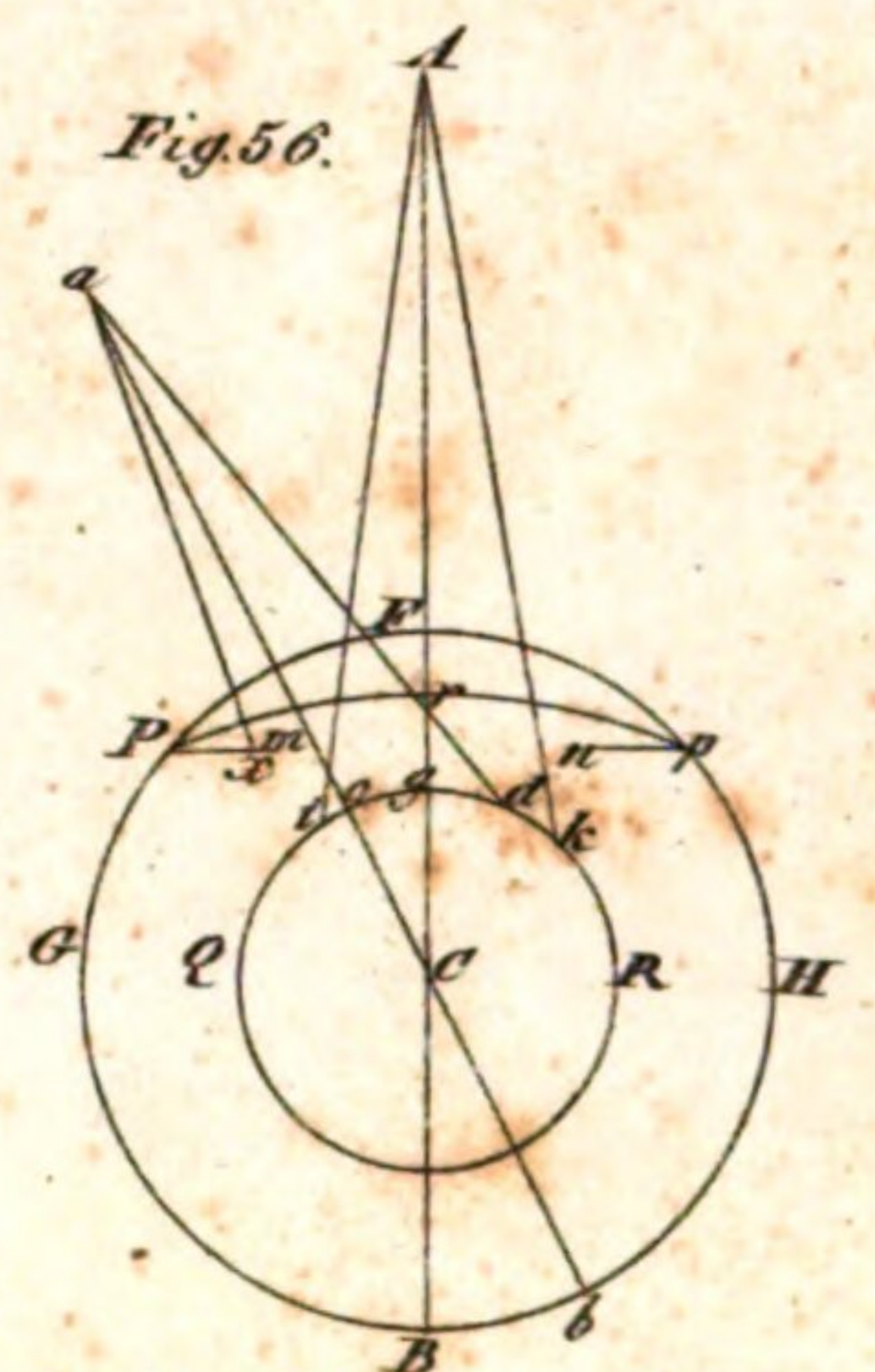
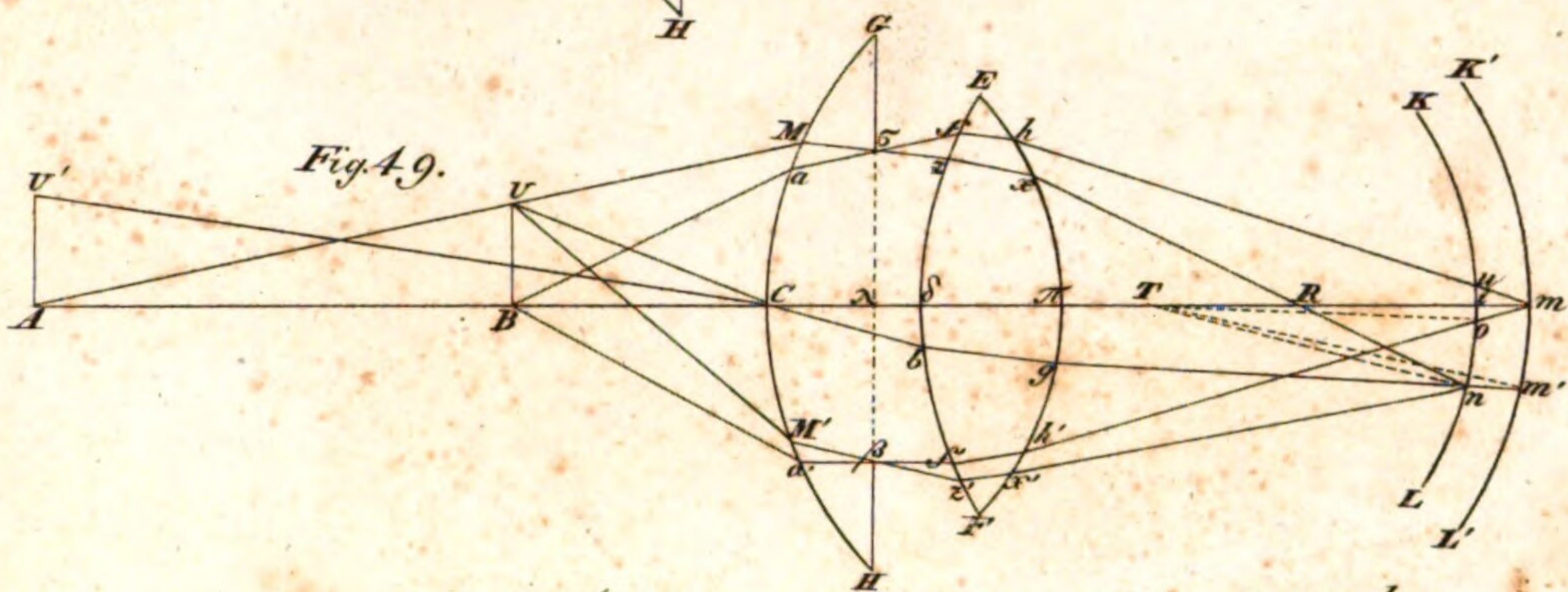
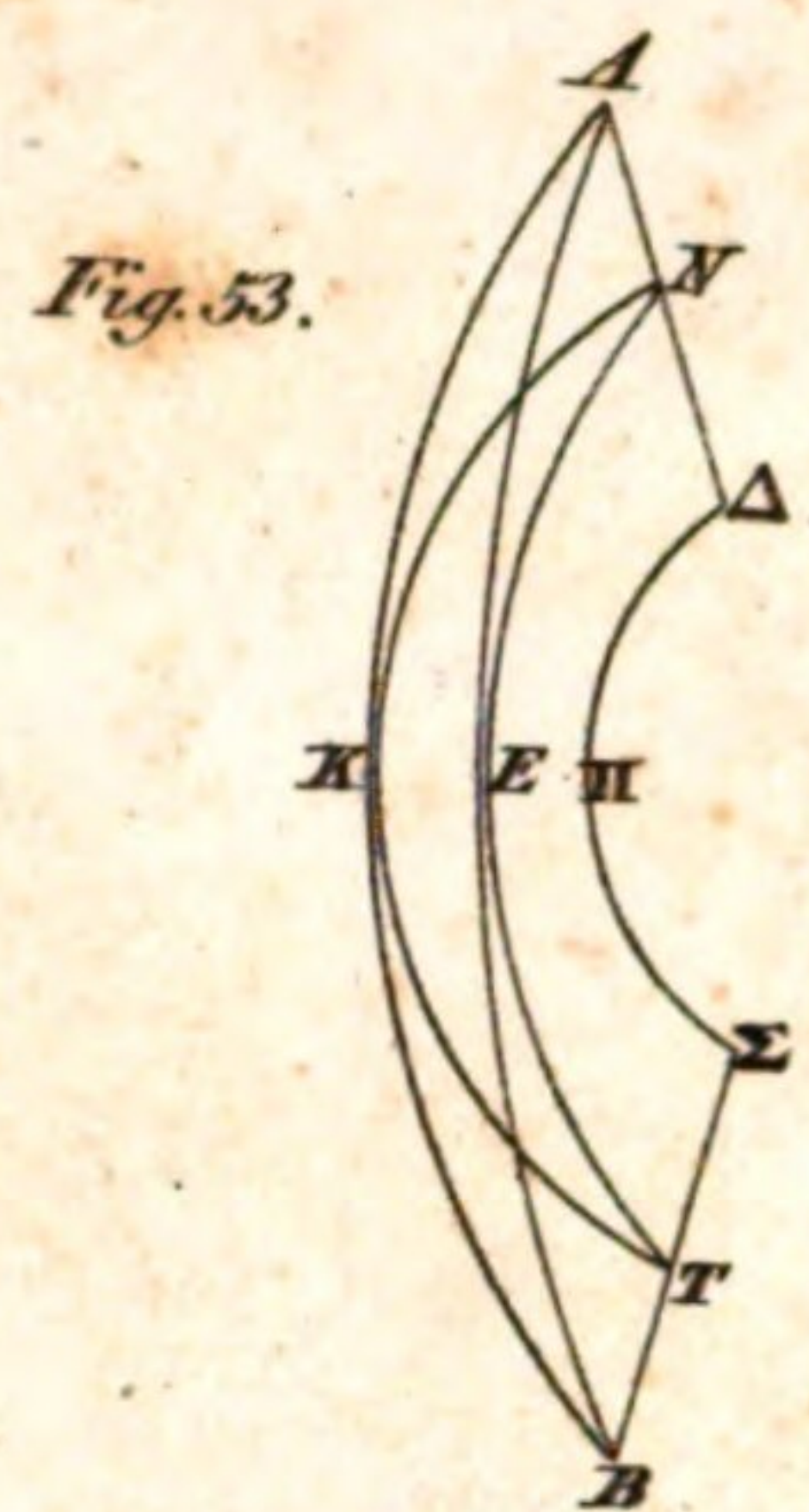
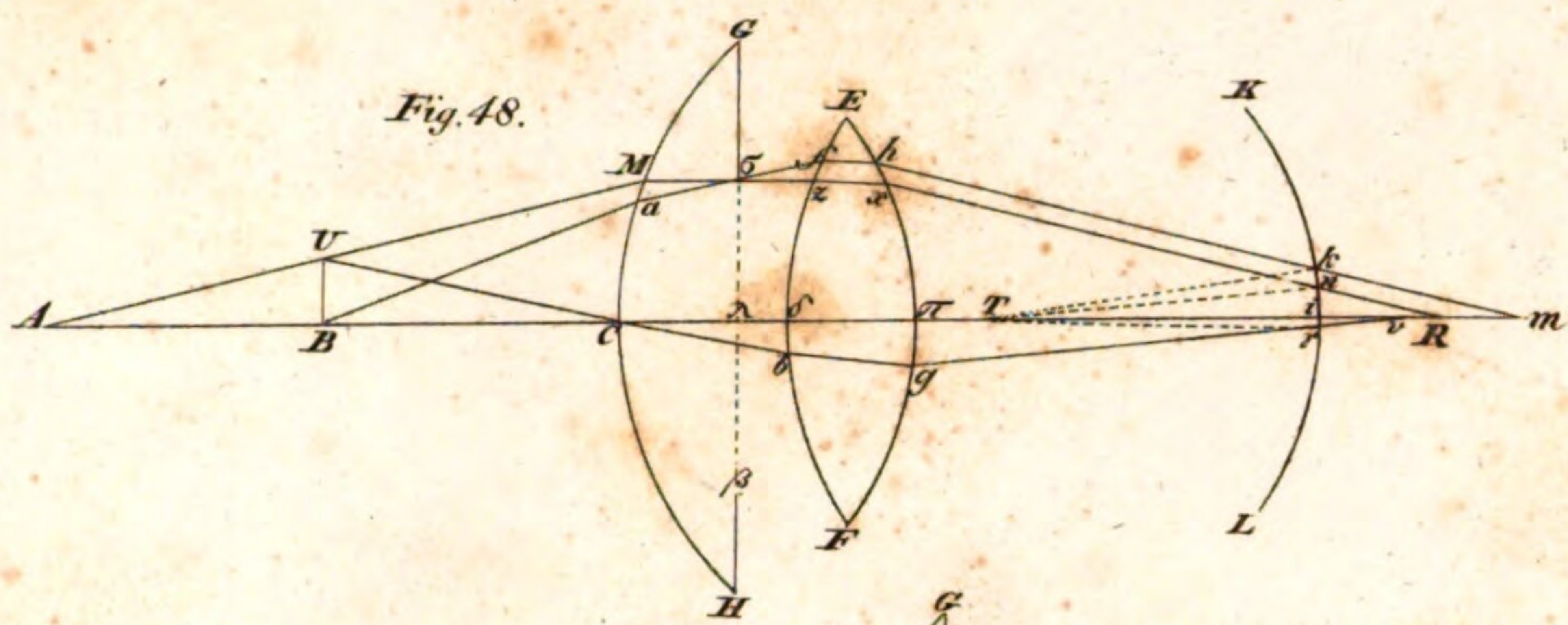
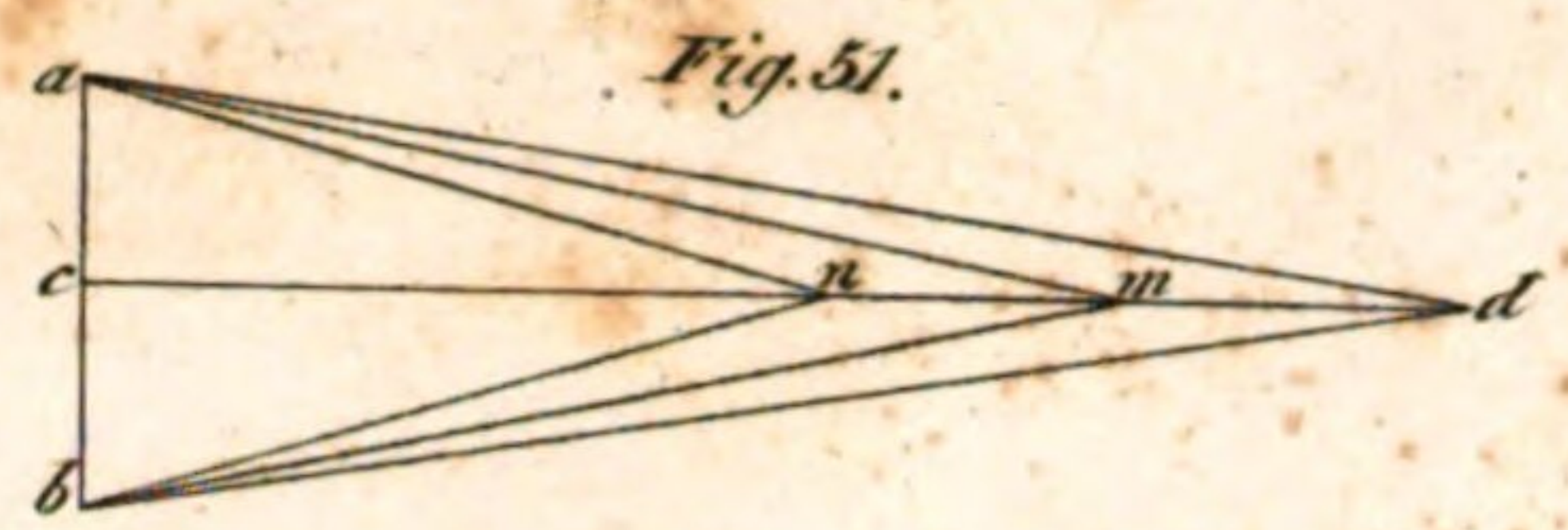
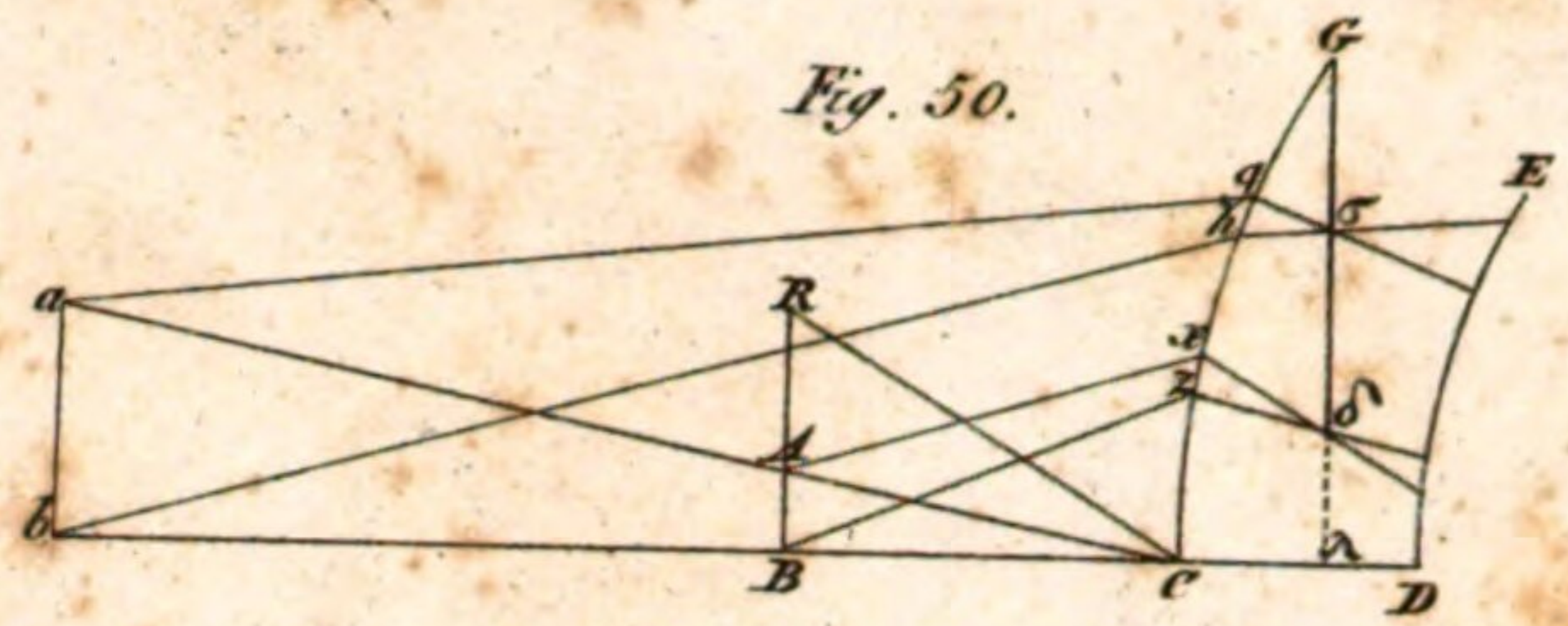
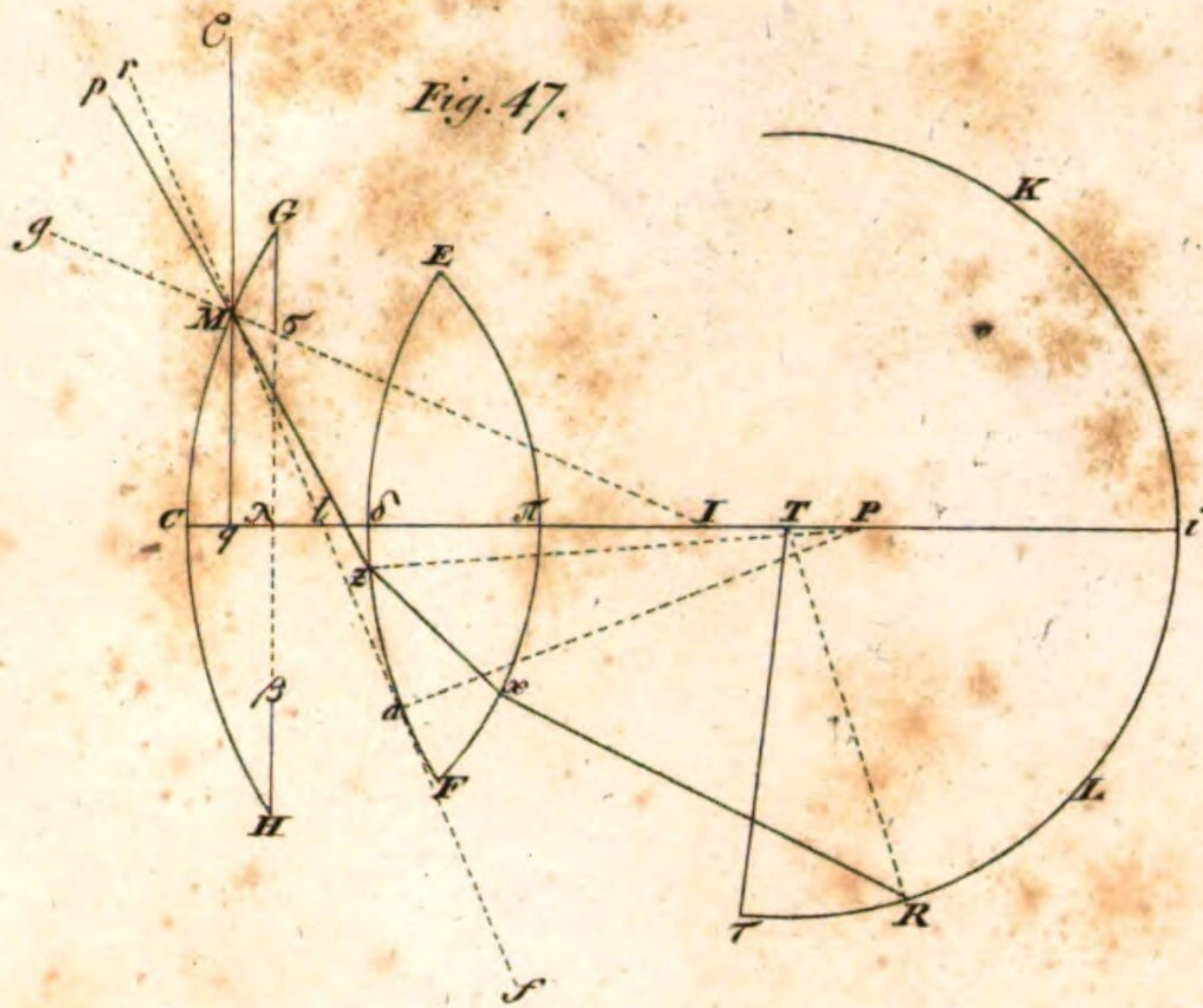
Fig. 34.



Fig. 35.







1/11/24

Treviranus, Gottfried Reinhold, 1776-1837

Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge des Menschen und
der Thiere mit vier Kupfertafeln

Bd.: 1. Heft

Bremen 1828

2 Anat. 75 ra-1

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10315873-7